



PONYVASZERKEZETEK ALKALMAZHATÓSÁGA
LÉGNYOMÁSOS ÉS FESZÍTETT PONYVASZERKEZETEK - PÉCSI EXPO CENTER

TÉMAVEZETŐ:

dr.habil. Bachmann Bálint DLA
egyetemi docens

Köszönetet mondok Dr. Bachman Zoltánnak,
dr. Bachmann Bálintnak és Majoros Gábornak
disszertációmhoz nyújtott segítségükért,
illetve támogatásukért tanulmányaim során.

1. BEVEZETÉS	007
2. ELŐZMÉNYEK	
2.1 LÉGNYOMÁSOS PONYVASZERKEZETEK	009
SIEMENS C45 HŐLÉGBALLON	
2.2 FESZÍTETT SÁTORSZERKEZET	019
PÉCSI SZABADTÉRI SZÍNHÁZ	
3. II. TÉZIS	027
FESZÍTETT SÁTORSZERKEZET	
PÉCSI EXPO CENTER	
3.1 PÉCSI EXPO CENTER ELŐZMÉNYE	031
3.2 A PÉCSI EXPO CENTER KONCEPCIÓJA	035
4. III. TÉZIS	055
A PÉCSI EXPO CENTER PONYVAANYAGA	057
4.1 A SZABÁSMINTA	060
5. IV. TÉZIS	066
A PÉCSI EXPO CENTER ÜZEMELTETÉSE	

073	6. V. TÉZIS
	A PONYVASZERKEZETEK ALKALMAZÁSA
074	6.1 KAMARAERDEI IFJÚSÁGI PARK
077	6.2 PETŐFI CSARNOK SZABADTÉRI FEDÉSE ÉS VETÍTŐVÁSZNA
078	6.3 MILLENIUM DÓM
082	6.4 MÜNCHENI OLIMPIA FEDÉSE
084	6.5 KHAN SHATYR SZÓRAKOZTATÓ KÖZPONT
087	6.6 ALLIANZ ARÉNA
089	6.7 APPP CHURCH
092	9. TÉZISEK IGAZOLÁSA
098	7. ÖSSZEGZÉS
101	8. IRODALOMJEGYZÉK

A ponyvaszerkezetek az építészeti és a mérnöki létesítmények sajátos elemei, gazdag formaválasztékukkal figyelemfelkeltő épület hozható létre.

Még napjainkban is, a nomád népek és a hadseregek által használt sátrakra gondolunk a sátor szó hallatára. Egyes társadalmakban, mint például a honfoglalás előtti magyar törzsek építészetiében uralkodó szerep jutott a sátraknak. A római birodalom amfiteátrumainak nézőtereit is ponyvatetővel fedték le. Az amfiteátrumok fedése komoly mérnöki feladat volt, hasonló színvonalú ponyvaszerkezeteket újra csak a XIX. században, a cirkuszokhoz készítettek.

A korszerű sátorszerkezeteknek azonban kevés közülük van említett elődeihez. Több a formai és

szerkezeti rokonságuk a léggömbökkel, a sárkányrepülőkkel, és a vitorlákkal.

Egyetemi, illetve doktori tanulmányaim során szerencsém volt együtt dolgozni olyan szakemberekkel, mint Majoros Gábor, aki a magyarországi ponyvaépítés egyik és talán legfontosabb alakja, illetve Notheisz Antal akinek kiemelkedő érdeme volt az első magyar motor nélküli hőléghajó megépítésében. Általuk megismerkedtem a feszített és a pneumatikus ponyvaszerkezetek tervezésével és kivitelezésével.

Eddigi szakmai pályafutásom legjelentősebb részét a Pécsi Expo Center terveinek elkészítésében való részvételem jelentette, ahol tovább bővíthettem tudásomat, és olyan tapasztá-

latokra tettem szert, amelyeket sikeresen alkalmazhatok a munkásságom során. A Pécsi Expo épületének létjogosultsága ma is sokat vitatott kérdés, mind tervezői mind pedig funkcionális szempontjából.

Jelen dolgozat a ponyvaszerkezetek alkalmazhatóságával foglalkozik, amelynek első felében bemutatom, hogy egy Siemens C45 mobiltelefon alakú hőlégballon tervezésén keresztül hogyan ismerkedtem meg a légnyomásos ponyvaszerkezetekkel, azok anyagával, gyártásával. Az ily módon szerzett ismereteimet kitűnően alkalmazhattam az Expo Center épületének kiviteli terveinek elkészítésében való részvételemkor.

A dolgozat második részében bemutatom a Pécsi Expo Center előzményeit, tervezésének körülményeit, funkciókapcsolatait és sátorszerkezetét.

Azt, hogy milyen adottságok befolyásolták a tervezés folyamatát, és a sátorszerkezet milyen előnyei vezettek az épület jelenlegi szerkezetéhez.

Az Expo területén eddig megrendezett, nagy tömegeket vonzó rendezvények is igazolják az

épület létjogosultságát. Ezek a nagyszabású rendezvények sikeres megrendezése egyértelműen alátámasztja az épület alkalmasságát és eredményességét.

Továbbá Magyarországi és külföldi példákkal szemléltetem, hogy épültek és mai napig épülnek sátorszerkezetes épületek, amelyek több esetben közel 30 éve folyamatosan üzemelnek, valamint a ponyvaanyagok folyamatos fejlődésével elismert építészek által egyre monументálisabb szerkezetek épülnek, ezzel is igazolva azt a tényt, hogy az építészek kihasználják a sátorszerkezetek adta építészeti adottságait, gazdag formavilágát.

Célom, hogy választ keressek az Expo Centerrel kapcsolatban felmerült kérdésekre és, hogy disszertációm elolvasásával az olvasó betekintést nyerhessen ezen roppant érdekes szerkezetek világába, tervezési folyamatába. Az eddig az Expo területén megrendezett események, és a hasonló típusú és szerkezetű épületek bemutatásával belátom, hogy a Pécsi Expo Center megvalósulásával milyen lehetőséget kapott a város.

LÉGNYOMÁSOS PONVASZERKEZET

9
dla

SIEMENS C45 HŐLÉGBALLON

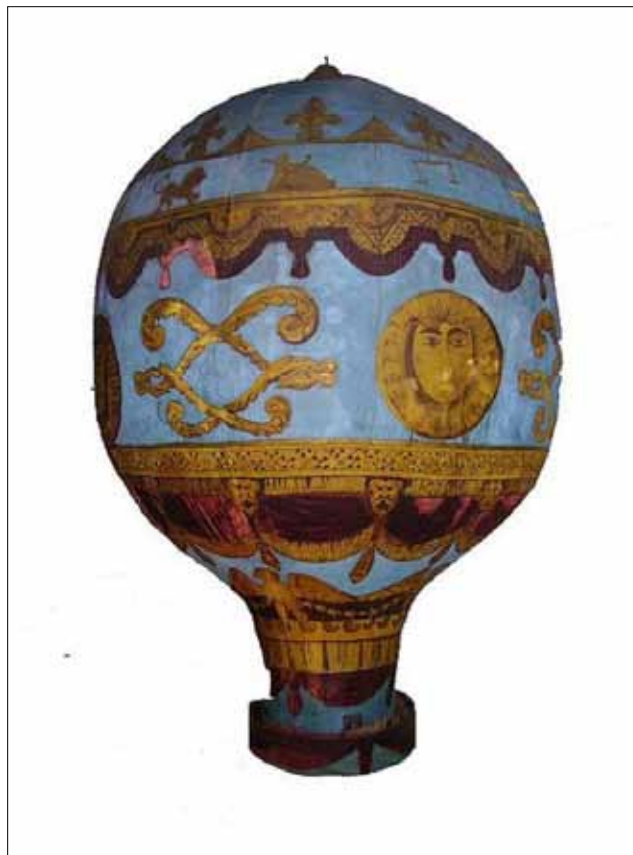
Harmad éves egyetemi hallgató voltam, amikor megismerkedtem a ponyvaszerkezetekkel, azok anyagával, gyártásával, szabásával, konfekcionálásával.

2002-ben kíváncsiságom nem tudott ellenállni és indultam egy pályázaton, amelynek tárgya egy kb. 3000 m³-es Siemens C45 típusú mobiltelefon alakú hőlégballon terveinek elkészítése volt. A vázlattervek készülségi fokából úgy ítélték meg, hogy a terveim alapján elkészíthető a hőlégballon, így megnyertem a pályázatot. Természetesen a hőlégballongyártó cégtől megkaptam minden segítséget, hogy közel kerüljek ezeknek a roppant érdekes szerkezetek működésének és gyártásának a megértéséhez. A feladatot érdekesnek és nagy kihívásnak tartottam számomra, csak később tudatosult bennem, hogy a hőlégballon szabásmintáinak elkészítése, gyártása mennyire hasonlít az épített ponyvaszerkezetekhez, és tulajdonképp már ekkor közvetetten megismerkedtem a ponyvaszerkezetek egyik nagy fajtájával: a légnyomásos, levegővel stabilizált szerkezetekkel.

A légnyomásos szerkezetek közé tartoznak mindazok a ponyvaszerkezetek, amelyet légnyomáskülönbség stabilizál. Frei Otto, aki kétség kívül a legjobb propagátora volt a sátorszerkezeteknek, úgy határozta meg a légnyomásos szerkezeteket, hogy azok a „legkönnyebb könnyűszerkezetek”, hiszen lényegében csak a teherhordó hártyából állnak.

I. TÉZIS

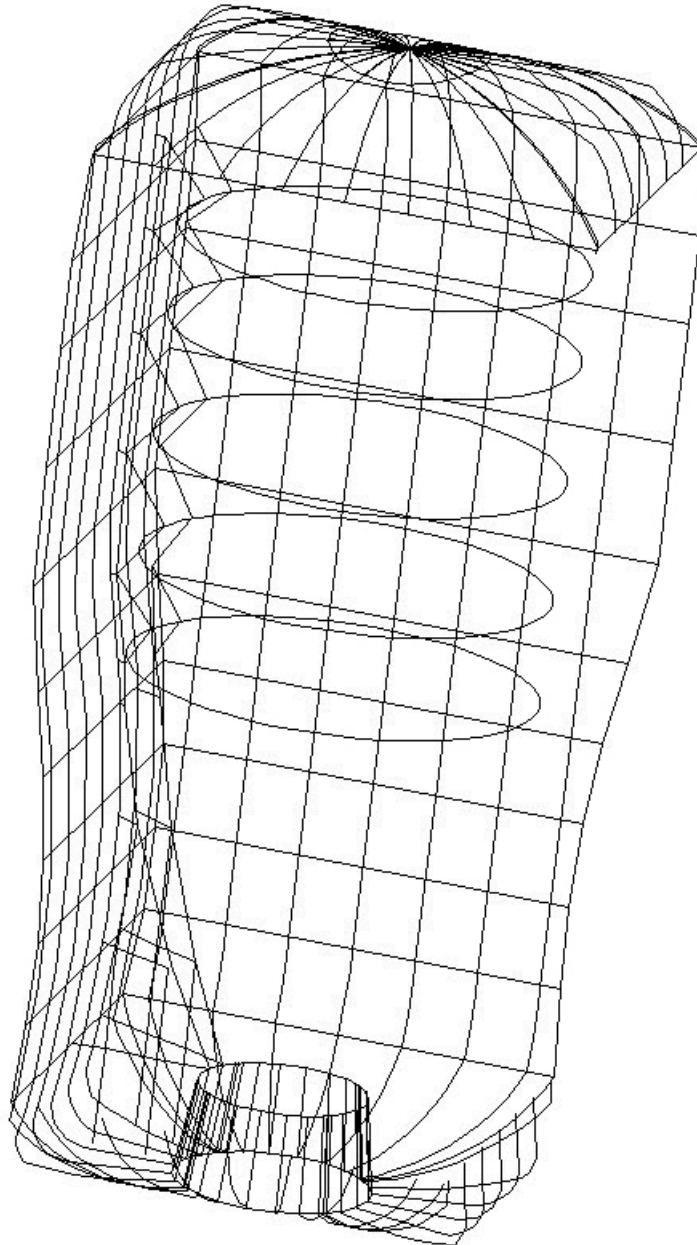
A léggömbök tehát klasszikus példái a légnyomásos sátorszerkezeteknek, amelyek a hideg és a meleg levegő fajsúlykülönbsége következtében működnek.



◀ 1.
A Montgolfier fivérek
hőlégallonja

1. kép ►
Siemens C45 hőlégballon
szerkezeti vázrajz

Az első léggömböt a Montgolfier fivérek próbálták ki 1783-ban. A Magyarok mindig is nagy szerepet játszottak a léggömbök fejlődésében, hiszen Schwarz Dávid volt a merev szerkezetű, könnyűfémből készült, kormányozható léghajó feltalálója. Találmányát halála után az özvegyétől vásárolta meg Zepelin gróf.



A feladat bonyolultsága abból adódott, hogy a hőlégballon formája nem hagyományos „csepp” alakú forma volt, hiszen a mobiltelefon formájának megtartásához egy alaktartó ballon megtervezésére volt szükség. A hagyományos ballonok formáját a szabásmintha és a meleg levegő adja, a belső térben semmilyen merevítés nincsen csak úgy, mint a légnymósos sátorszerkezetekben, ahol állandó befűjt, enyhe túlnyomással rendelkező levegő tartja magasban a ponyvát.

A mi esetünkben viszont voltak olyan részek, ahol negatívba hajlott vissza az anyag, tehát meg kellett akadályozni, hogy a meleg levegő hatására a ponyva kinyomódjon. Ezt belső merevítésekkel ún. „dandrops”-okkal és kötélhálókkal értük el. Mivel ezek a részek főleg a telefonforma alján voltak, nagyon sok problémát jelentett és sok fejtörést okozott a ballontérbe kerülő tűz, amely a levegőt felmelegíti, meg kellett oldanunk, hogy a belső feszítő, merevítő kötelek ne égjenek el.

A hőlégballonok anyaga és konfekcionálása annyiban különbözik az épített ponyvaszerkezetektől, hogy a ballonoknál arra kell törekedni, hogy a szerkezet minél könnyebb legyen, és a levegőbe emelkedhessen. A statikus vázát az egyes elemek összeillesztésénél az elemek közé varrt nejloncsíkok, hevederek adják. Ezek függőlegesen és vízszintesen is végigfutnak a felületen, óriási hálózatot alkotva. Ha ugyanis a burok valahol kiszakad, ezek a hevederek meggátolják a szakadás tovább terjedését. Az egyes darabokat kivételesen erős cérna segítségével varrják össze, Ez a létező legtartósabb öltés.

Néha hasonló statikus vázat alkalmaznak a légnyomásos ponyvaszerkezeteknél is, a fe-

lületet egymást ferde szögben keresztező kábelhálózattal fedik le, amelynek rombuszaiban a ponyvafelület a túlnyomás hatására nyúlásmentes alakváltozásra kevésbé hajlamos elliptikus felületdarabokká deformálódik, ezáltal elkerülhető a hosszúkás sátor belengése.

Hogy milyen hasznuk van ezeknek a szerkezeteknek? Elsősorban természetesen szórakozás, hobbi, de emellett a megrendelések nagy százaléka reklám-célból történik, hiszen rendkívül figyelemfelkeltő jelenség, amikor egy verseny alkalmával különböző méretű, színű és alakú hőlégballonok lepik el az eget.

Kapcsolatom jelenleg is fenn áll a céggel. Különböző alakú és méretű felfújható játékvárakat tervezünk, valamint ezen felül a cég hőlégballon gyártásának európai uniós minősítésén dolgozunk.

Terveim alapján készült el Magyarország első belső merevítésű „alakos” hőlégballonja.
Saját munkarészem: 100%
Konzulens: Notheisz Antal



◀ 1. kép
Siemens C45 hőlégballon

1.-2. kép ►
Siemens C45 hőlégballon
3.-4. kép
Siemens C45 mobiltelefon



1.



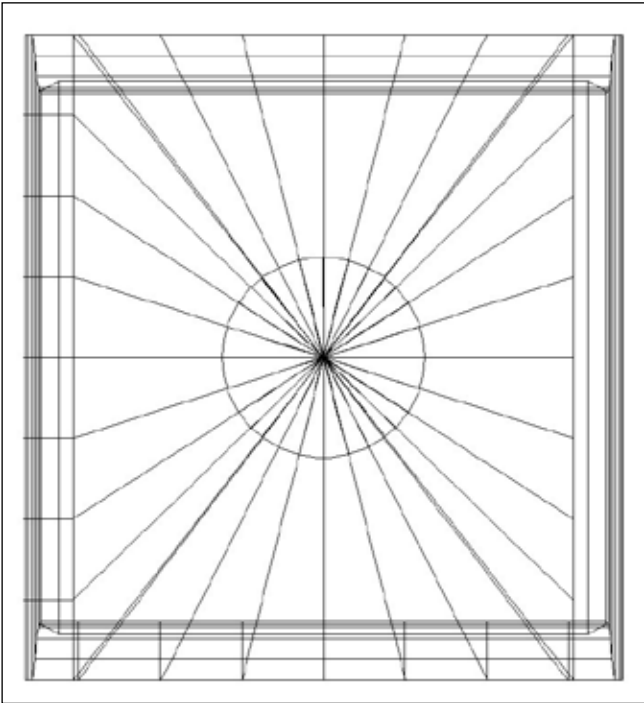
3.



2.

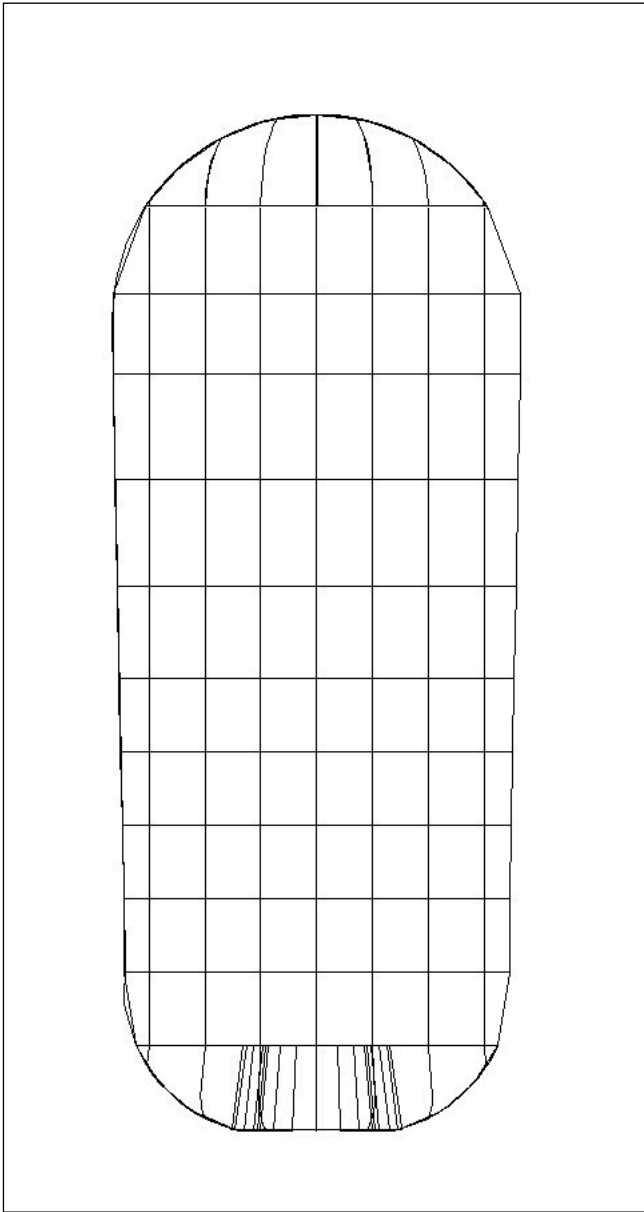


4.

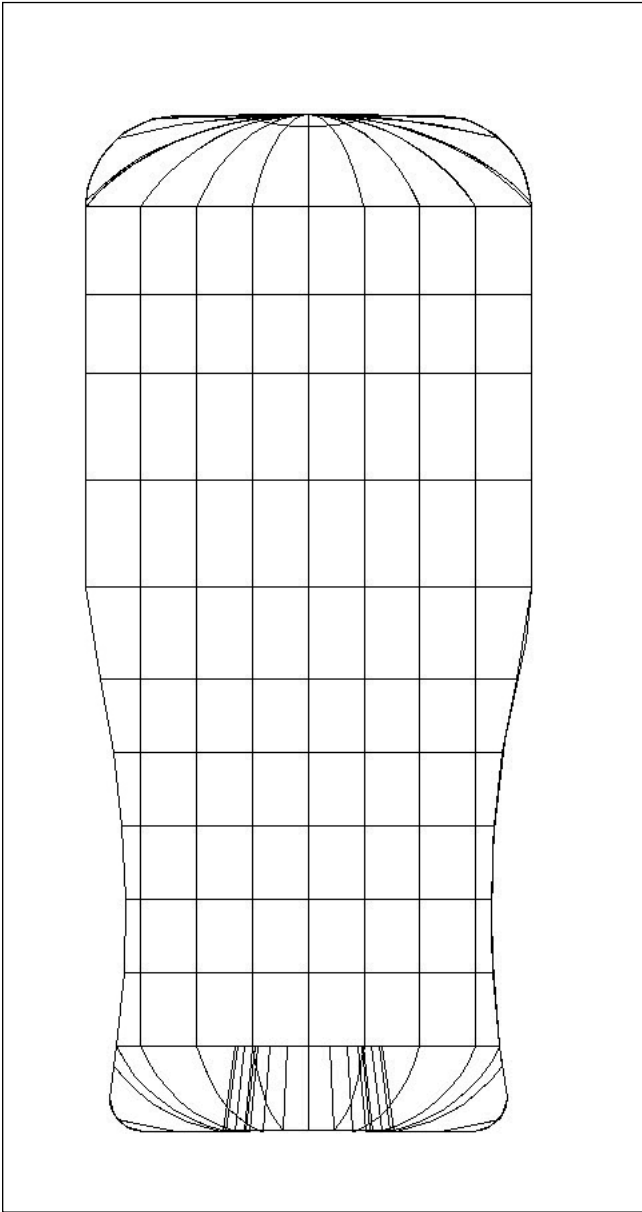


1.

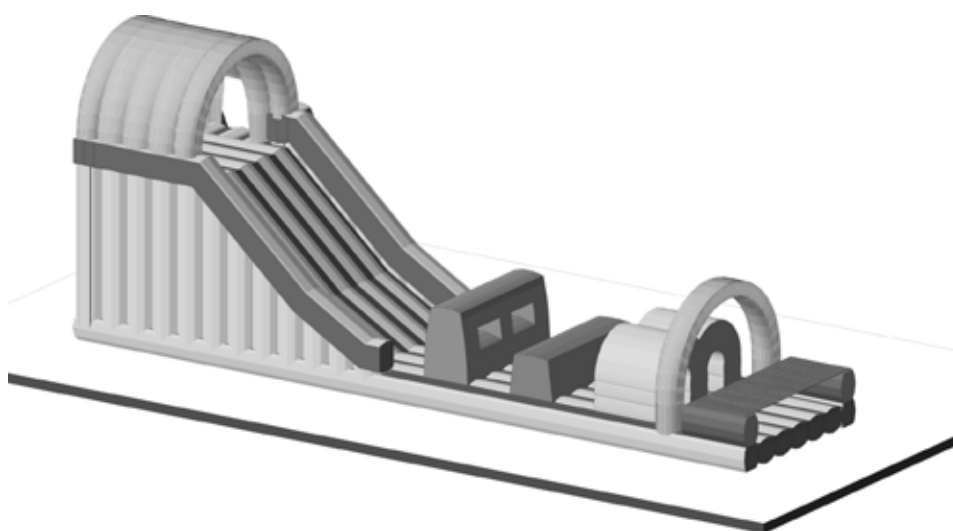
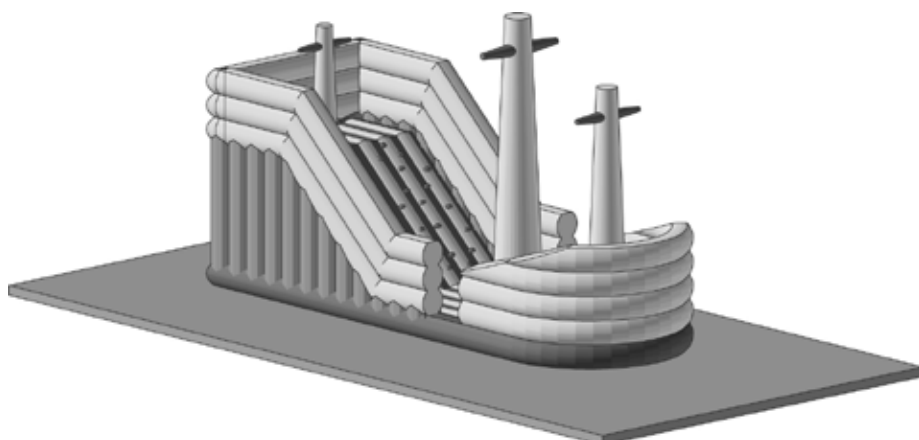
- 1. kép
Felülnézet
- 2. kép
Oldalnézet
- 3. kép
Oldalnézet



2.



3.



1.-2. kép ►
Siemens hőlégballon





FESZÍTETT SÁTORSZERKEZET

19
dla

PÉCSI SZABADTÉRI SZÍNHÁZ

2003-ban negyedéves hallgatóként indultam a 6th OISTAT Theatre Architectural Competition 2003 nemzetközi pályázaton. A pályázat különösen fiatal építészeknek és építész hallgatóknak szólt. Témája egy kb. 400 férőhelyes színház megtervezése volt, valamilyen egyszerű dizájn probléma felvetésével. Ezen téma keretein belül egy olyan feszített ponyvaszerkezetet választottam, amely télen – nyáron lehetővé tenné a szabadtéri színház működését, mégpedig oly módon, hogy a sátorszerkezet nyáron összehúzható, télen pedig kifeszíthető.

Pécsett két szabadtéri színpad is működött, egyik a Tettyén a másik a Káptalan utcában, amelyek közül a tervezés időszakában egyik sem üzemelt.

A Káptalan utcai telek adottságaiból kifolyólag minden szempontból megfelelőnek bizonyult a színház helyszínének.

Szabadtéri színházról lévén szó, célom egy olyan multifunkcionális színpad megtervezése volt, ahol a lelátó variálhatóságával többféle színi előadásmód is megvalósítható. A lelátó olyan elemekből áll össze, amely könnyen szét- és összeszerelhető, valamint ugyanazon elemekből több variáció építhető. A színpad forgószínpad kialakítású. A nézőterek variálásával igény szerint kialakítható 2 db oldalszínpad és 1 db hátsószínpad is.



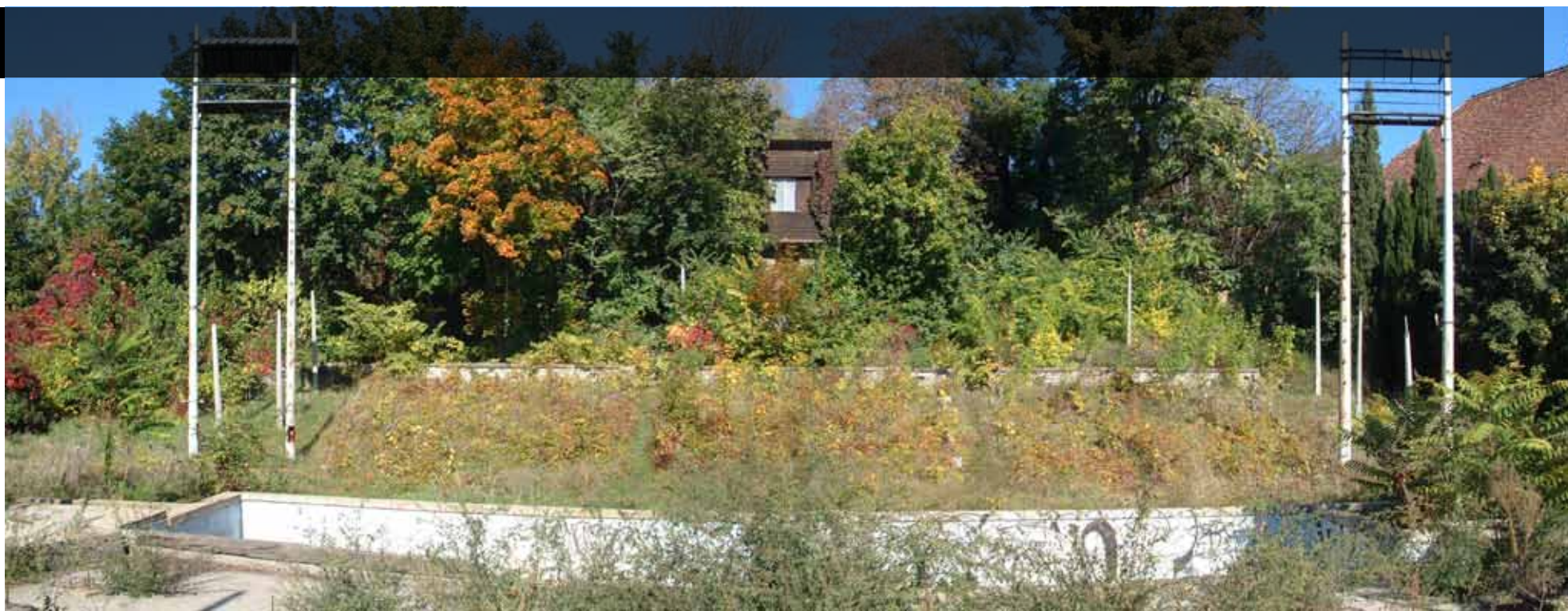
Később sok hasonlóságot véltem felismerni tervem és a Pécsi Expo Center között, hiszen mindkét terv koncepciója egy olyan multifunkcionális színház létrehozás, amely variálhatóságával többféle színi előadás megtartására nyújt lehetőséget, és ezt a funkciót a gazdaságosság szempontjából egy újrahasznosított területen ponyvaszerkezetből oldottuk meg.

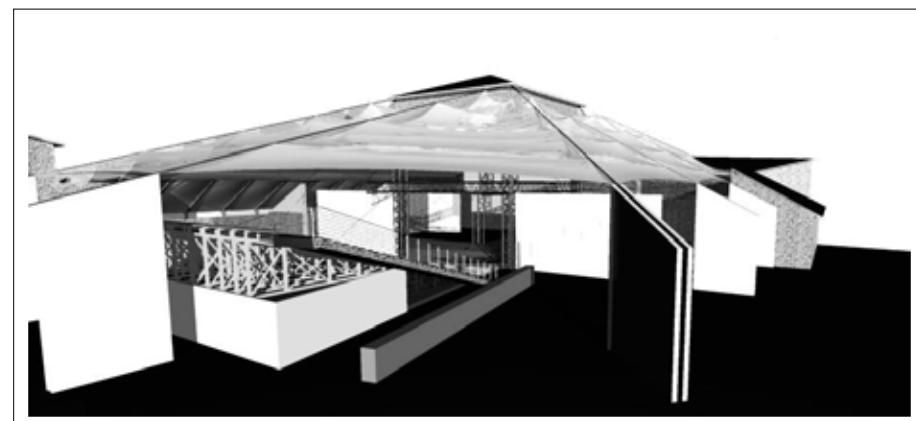
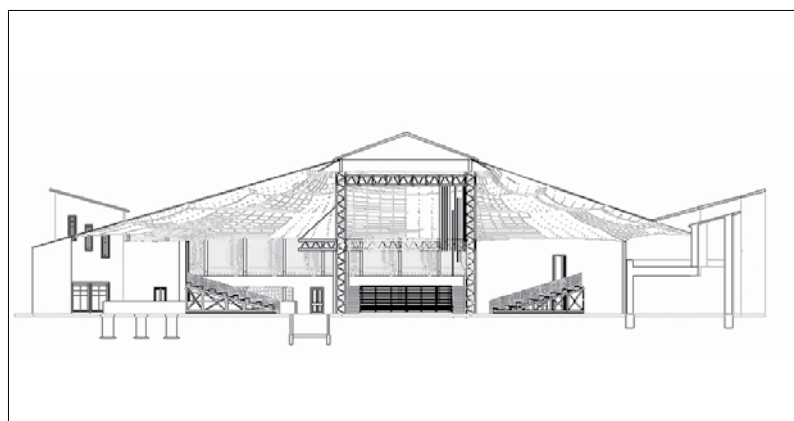
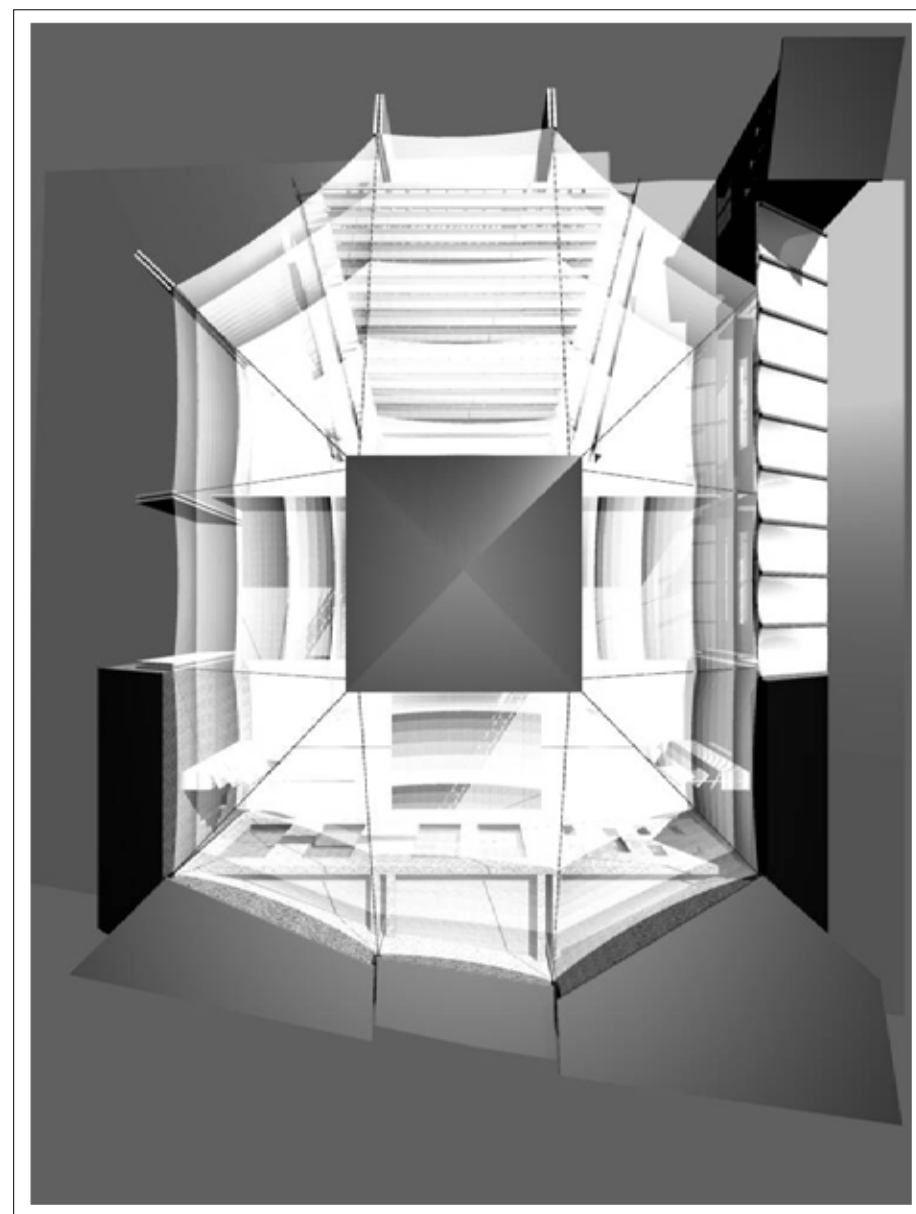
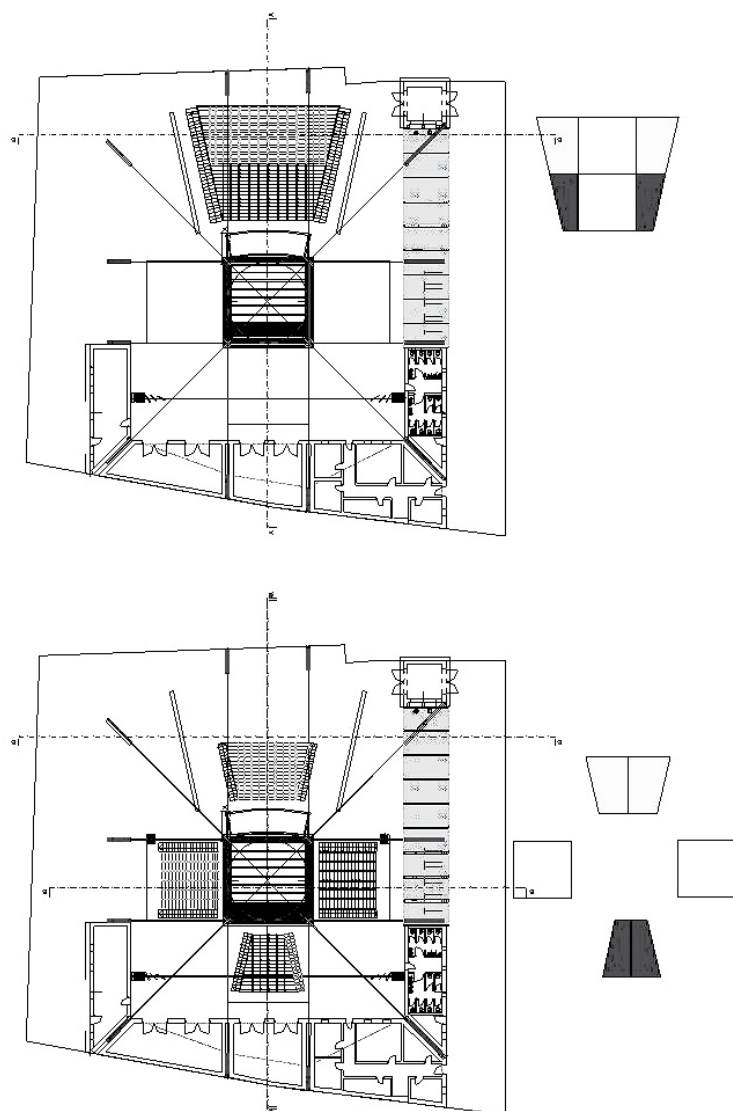
A tartószerkezeti kialakításban is megjelennek a hasonlóságok. A sátorszerkezet fő tartószerkezete a színpad köré épített 4 rácsos tartóból álló pillér, amely a színház zsínórpadlásának is helyet ad egyben.

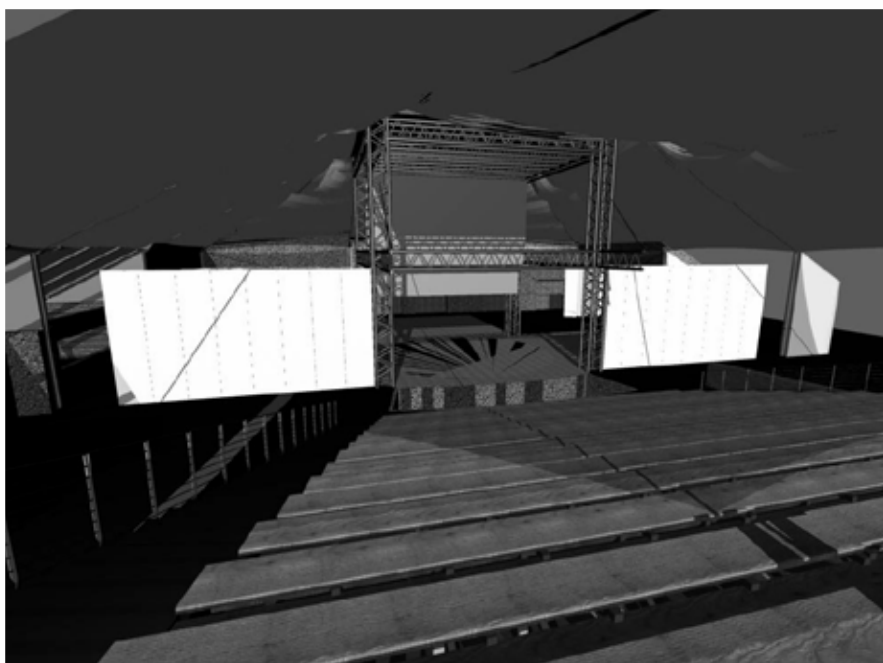
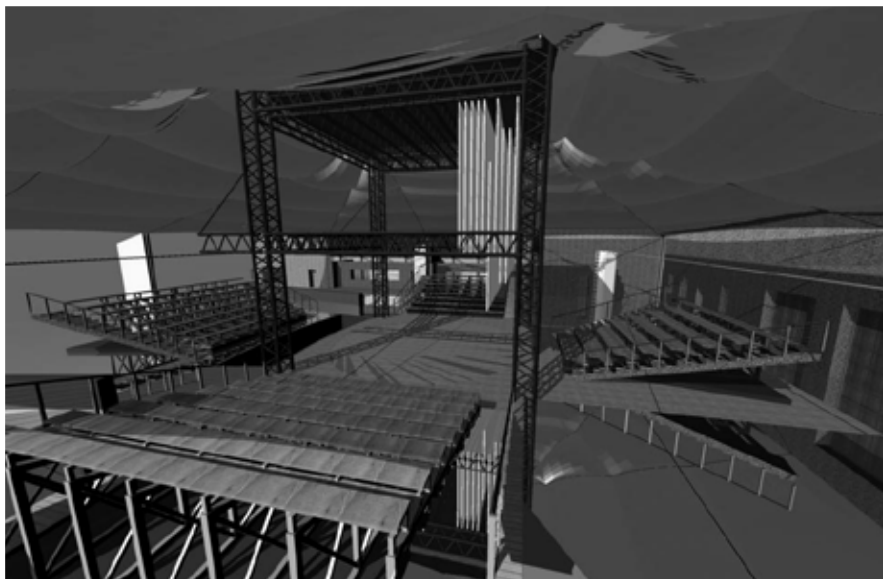
1.-2. kép
Helyszínfotók

Saját munkarészem: 100%

Konzulensek: Dr. Bachman Zoltán, Majoros Gábor

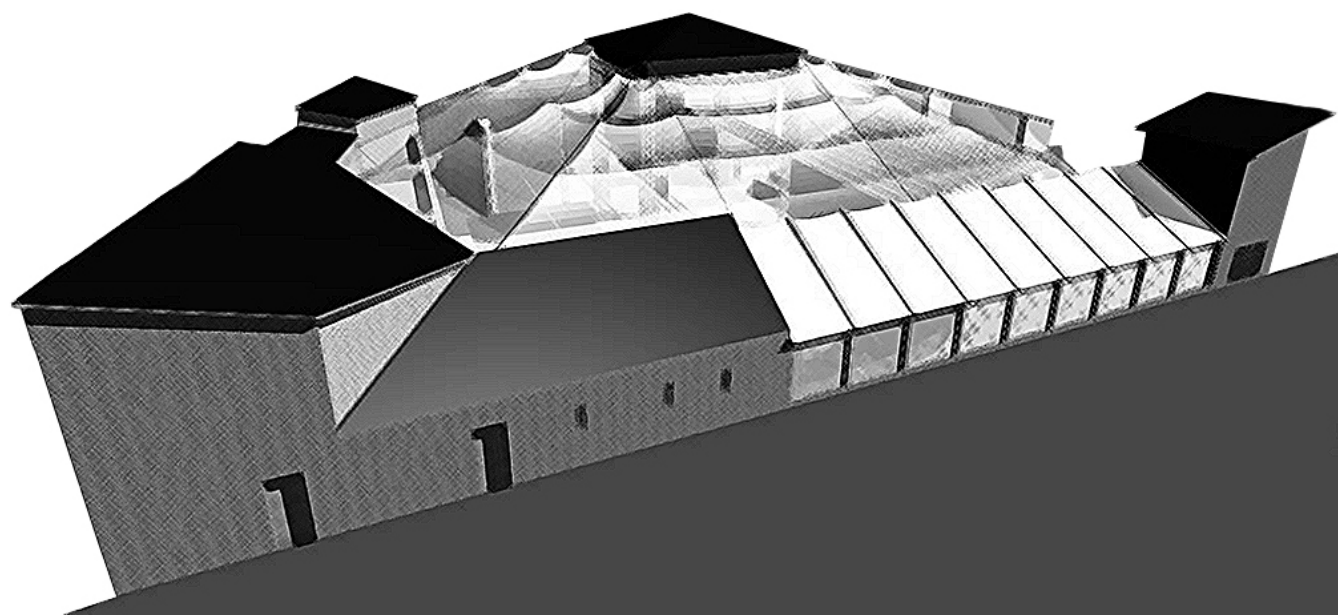






Pár évvel később igazolást nyert, hogy ötlettervem nem volt megalapozatlan, az emberek szeretik az efajta szórakozást, és szükség van a szabadtéri játékokra, hiszen ebben az évben 8. alkalommal kerül megrendezésre az a kúltúrális rendezvénysorozat, amely 2003-ban indult el Pécsett, és minden évben nyáron kerül megrendezésre egy hónapon keresztül. Az összművészeti fesztivál állandó programjai között egyaránt találunk tánccos, zenés és sport rendezvényeket is. Az idei évben még kérdéses, hogy megrendezésre kerülnek-e a rendezvények,

A Pécsi szabadtéri játékok helyszínei a Káptalan Utcai Szabadtéri Színpad, a Tettyei Romok és az Anna Udvar.









II. TÉZIS

Egy ország, illetve egy kor-
szak építészeti színvonalára
rányomja bélyegét a kivite-
lezők hozzáállása, az, hogy
éppen keresleti vagy kínálati
piac uralkodik-e, illetve hogy
a tervezési díj, a beruházás-
ra szánt összeg mire ösztö-
nöz, mire nyújt lehetőséget.
Nálunk jelenleg nincsen mód
arra, hogy az építész sok új
elemet, tervezési szempont-
ból munkaigényes megoldást
válasszon. Ez más okokból,
más gazdasági környezetben,
de a világ nálunk fejlettebb
országaira is jellemző. Ugyan-
csak problémát jelentenek az
anyagbeszerzési nehézségek,
a gyártási, illetve a kivitele-
zői készség biztosítása. Ezen
körülmények hatása megmu-
tatkozik a sátor szerkezetek
tömegén, tájba illesztésén,
továbbá részletképzésein is.

FESZÍTETT SÁTORSZERKEZET

27
dla

PÉCSI EXPO CENTER



Egyetemi tanulmányaim végeztével abba a szerencsés helyzetbe kerültem, hogy építész tervezőként részt vehettem a Pécsi Expo Center tervezésében és koordinálásában Bachman Zoltán és Majoros Gábor felelős tervezők vezetése alatt. Ez által megismerkedtem a ponyvaszerkezetek másik nagy csoportjával a feszített ponyvaszerkezetekkel.

A Pécsi Expo gondolata régóta aktuális téma volt Pécsen. Több fontos ok indokolja létesítését. Pécs a tudomány városa (kongresszusok), Pécs a művészetek városa (színház, zene, képzőművészet), de emellett legyen Pécs a vásárok városa (EXPO) is, adjon helyet különböző nagyszámú érdeklődőt vonzó rendezvénynek.

A gazdaságossági szempontok előtérbe kerültek a Pécsi Expo Center tervezésénél is. A beruházó tulajdonát képező, a volt szállítási vállalat telephelye optimális választásnak ígérkezett, hiszen jól megközelíthető, közművesített, jó kapcsolat alakítható ki a meglévő vásártérrel és a várossal, valamint

a meglévő épületek felújítása, átalakítása költségkímélést jelent a beruházó számára.

A helyszíni adottságokból, gondolkodok itt a rossz, gyenge minőségű és szilárdságú talajra, a pénzkímélés és a gyors építhetőség miatt a feszített sátor szerkezetet választottuk, amellyel teljesen új formavilágot, és az emberek számára észrevehető épületet hoztunk létre.

A feszített ponyvaszerkezetek előnyei:

- rövid gyártási és szerelési idő
- kimagasló ár/érték arány
- a konstrukció, gyártás és szerelés az elvárások szerint egy kézben tartható
- egyedi, karakterisztikus és hangsúlyos formák valósíthatóak meg





30
dla

1. kép
Illusztráció Pécsi Expo Center, Bachman Zoltán

Az Expo Center kezdeti terveiben a meglévő épületeket körülölelő sátorszerkezet légnyomásos ponyvaszerkezet volt, de a megbízó igényei szerint, *-a terek nyithatóak legyenek a külső tér felé-,* a kezdeti szerkezet feszített sátorszerkezetté módosult.

A színházsátor formavilágának alapötletét Sélley Ágnes Iparművészeti Főiskolás (konzulens: Majoros Gábor) mobil sátorszínháza adta, lásd a vázlatokat, illetve a Majoros Gábor és Óvári Tibor által tervezett Budapest Kamaraerdei sátrat. (Megjegyzés: a lassan 30 éves szerkezet folyamatosan hibátlanul működik.)

Ez a színház egy olyan építmény, amely kihasználja a textilnek minden lehetőségét. A

külső térelhatárolás nagyszírlárdságú ipari textilből készülő hártya, a belsőben az állmennyezetek, a térelhatárolások, a nyílászárók szintűgy textilek.

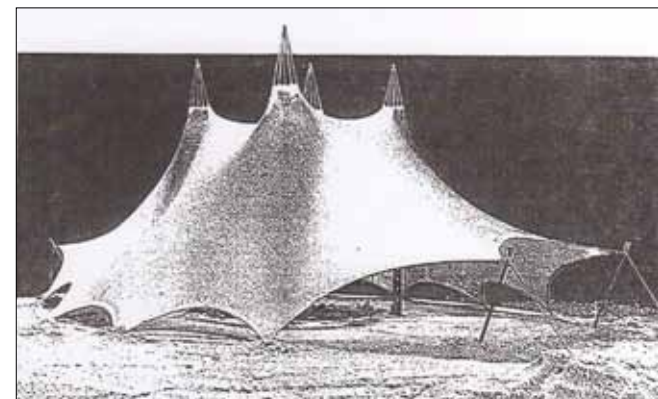
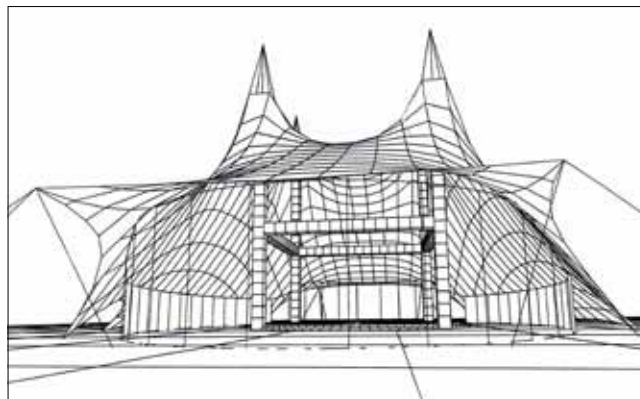
A négy tartóoszlopra függesztett ponyva hártya egy 60X38 méteres ellipszis alaprajzú teret fed le. Hasznos alapterülete 1790 m².

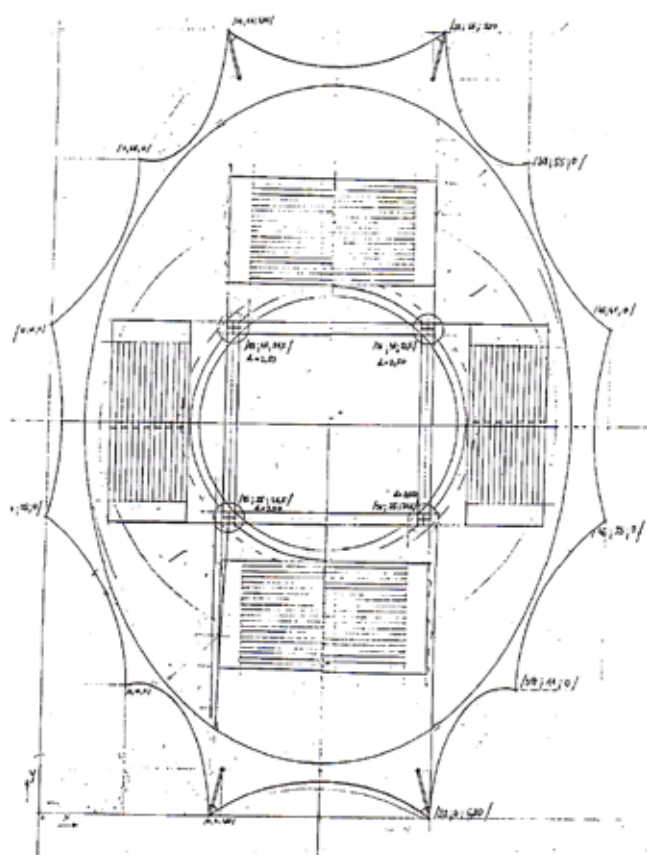
A ponyva a terület mentén négy-négy ponton a talajhoz van horgonyozva. A négy tartóoszlop közötti rész a színpad.

Funkciója: Az épület többcélű. Maximális befogadó képessége 2000 fő. Diszkó, néptánc, professzionális színi előadások, sport és társadalmi események, mozi, stb.

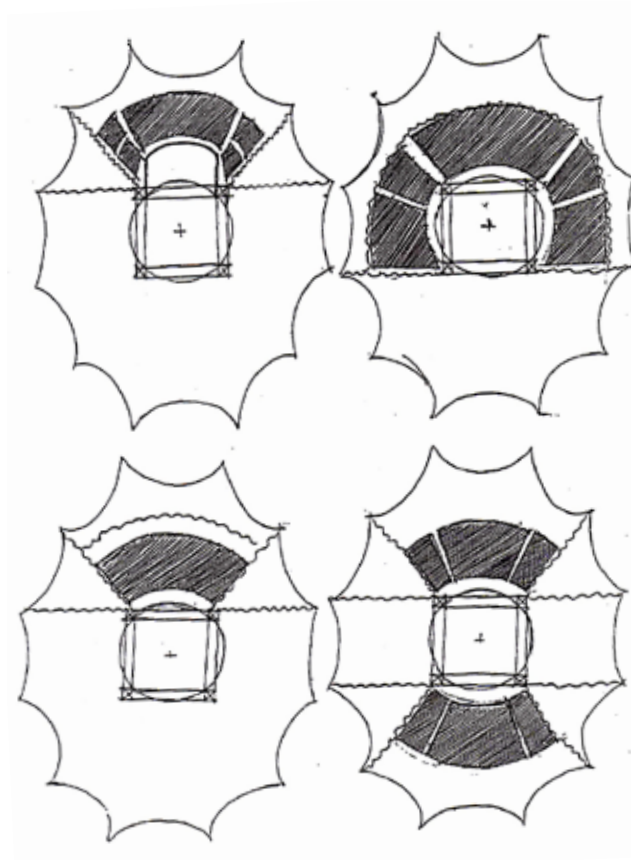
PÉCSI EXPO CENTER ELŐZMÉNYE

31
dla

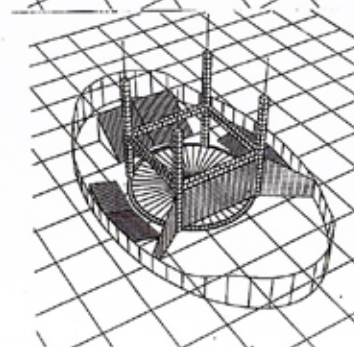
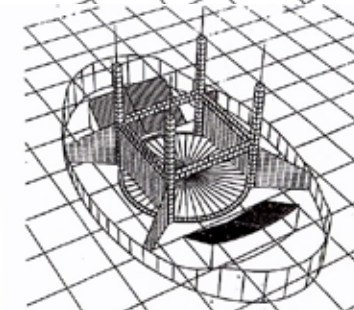
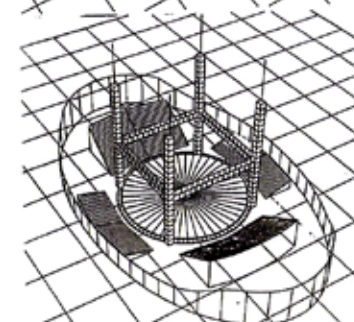
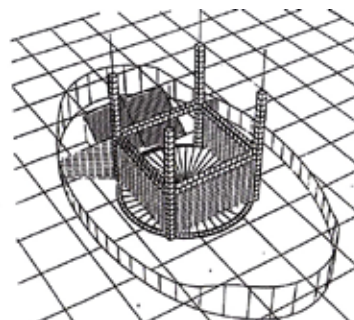
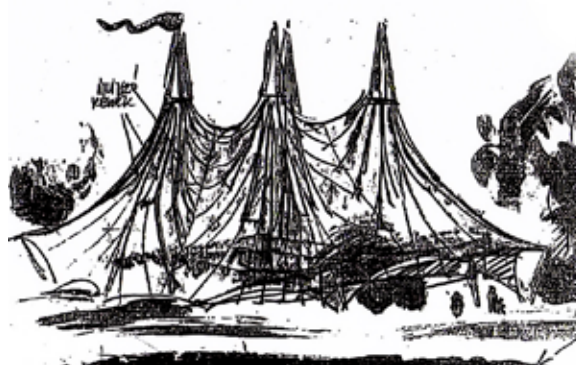
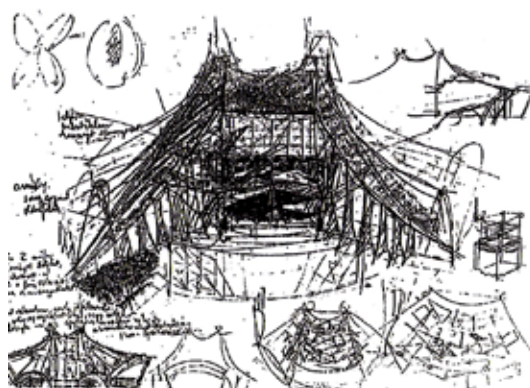
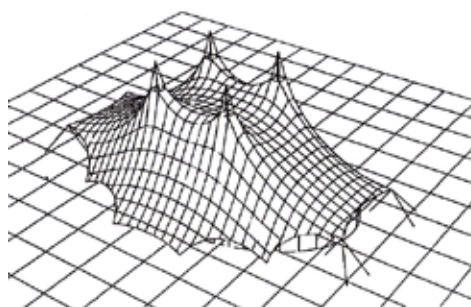




1. kép
Alaprajz



2. kép
Elrendezés sémák



Az építési telken már meglévő épületekből kiindulva az irodaépületet és a javítócsarnokot összeköttöttük és lefedtük egy acél térráccsal, ami által a két épület között egy 800 m² alapterületű 400 férőhelyes több funkciójú terem jött létre, amely gyermek-, ifjúsági rendezvények, kongresszus, báb-színház stb. szervezésére ad lehetőséget, akár a több funkciójú lelátó-nézőtér rendszer felhasználásával is, amely szét-szerelhető és igény szerint át-helyezhető más rendezvények kiszolgálására.

Az így keletkezett egységet sá-torszerkezettel öveztük, amely az északi és déli oldalon elő-csarnokszerűen kiképzett folyosó, így biztosítva a középső mag egyidejű megközelítését a többi funkció zavarása nélkül.

PÉCSI EXPO CENTER KONCEPCIÓJA

35
dla

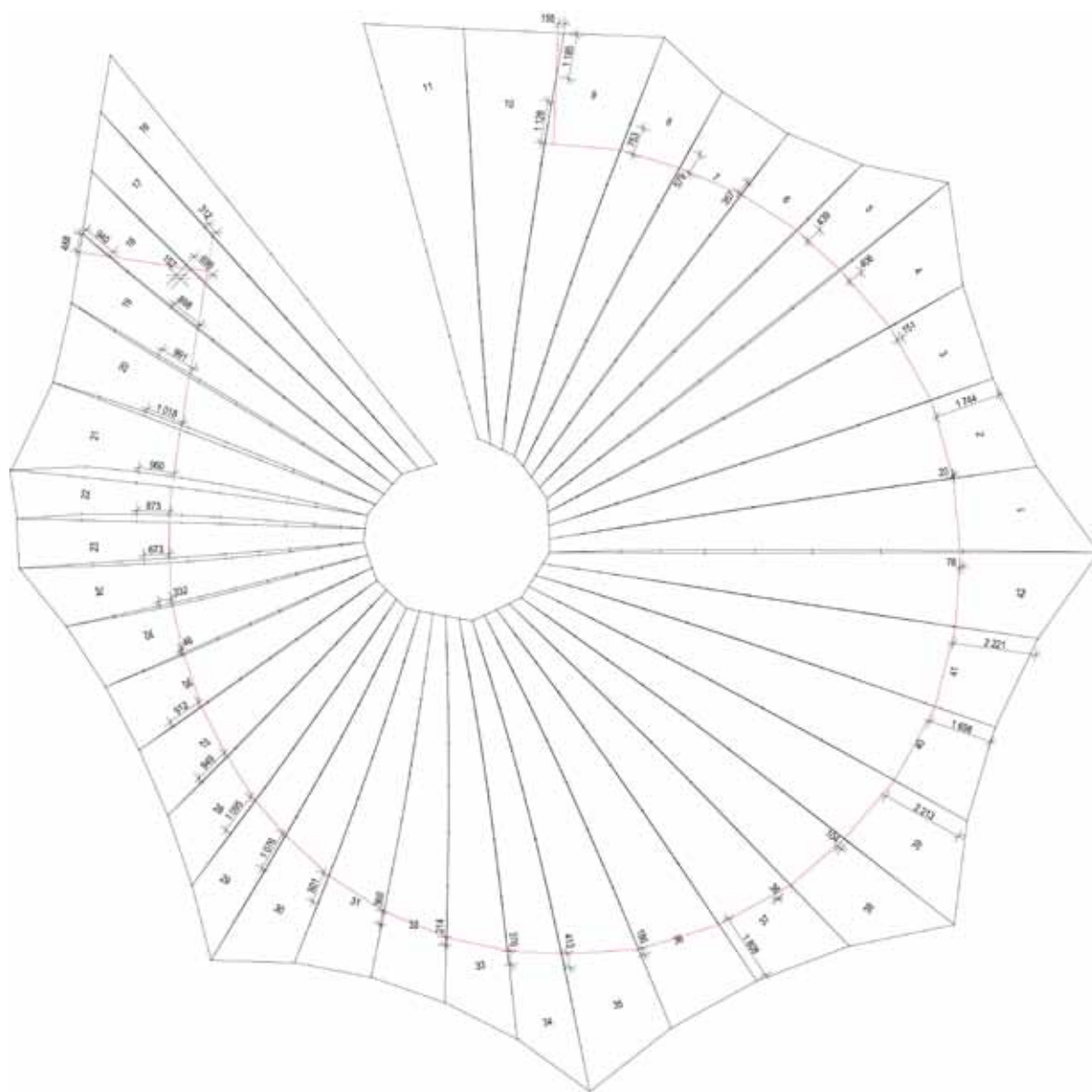
Saját munkarészem: 30%

Alkotótársak: Dr. Bachman Zoltán, Majoros Gábor, Bachmann Bálint, Dr. Galaskó Gyula, Dr. Metzing Ferenc, Amrein Adél, Halada Miklós

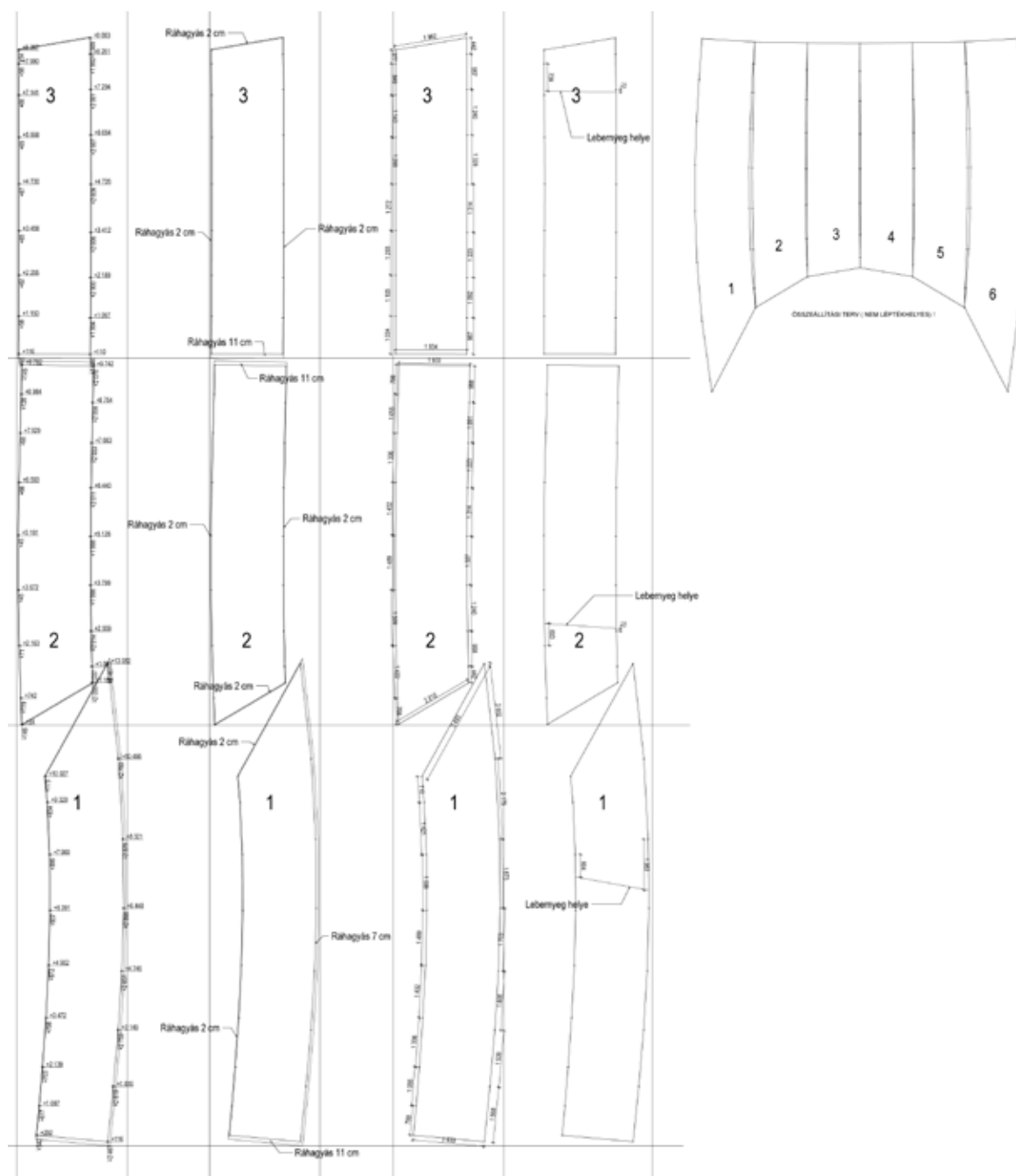
Bejáratí kehely

A déli sátor keleti végén egy tölcsérszerű előcsarnokot alakítottunk ki, mely az egész létesítmény bejáratául szolgál. A főbejáratnál helyeztük el a beléptető rendszert, információs pontot és mobil ruhatárakat.

Ez egyben az irodaház bejárata is, amely szeparált, kisebb kongresszusok, cégtalálkozók rendezésére is alkalmas. A földszinten 2 db 75 fős előadó, sajtószoba, tárgyaló, és irodák kaptak helyet, az emeleti szinten további irodák és előadók találhatóak.



1. kép
Bejáratí „kehely” lebernyeg elhelyezésének terve



Északi és Déli oldalsátrak

A nagy vb. szerkezetű csarnokot délről és északról övező oldalsátor összeköttetést teremt a funkcionális egységek és a főbejárat előcsarnoka között. Ez a sátor egyszerű szerkezet, a külső héj acél ívtartókon feszül ki.

A déli folyósón továbbhaladva jutunk a volt szerelőcsarnokba. Itt egy 350 és egy 170 fős előadó, étterem, gyorsétterem, kávézó és rendezvényterem kapott helyet. A csarnok nyugati részében alakítottuk ki a 400 adag étel elkészítésére alkalmas konyhát. A nagy belmagasságot kihasználva, a konyha fölé kerültek elhelyezésre a konyhát kiszolgáló gépészeti berendezések. A szerelőcsarnokban elhelyezett funkciók és a 400 fős előadó északi sátor-folyosón át egyaránt megközelíthető. Az oldalfolyosó keleti végében található az irodaház és 400 fős előadót kiszolgáló gépészeti blokk. A kétszintes épületrész földszintjén alakítottuk ki a portát és kiszolgáló egységeket.

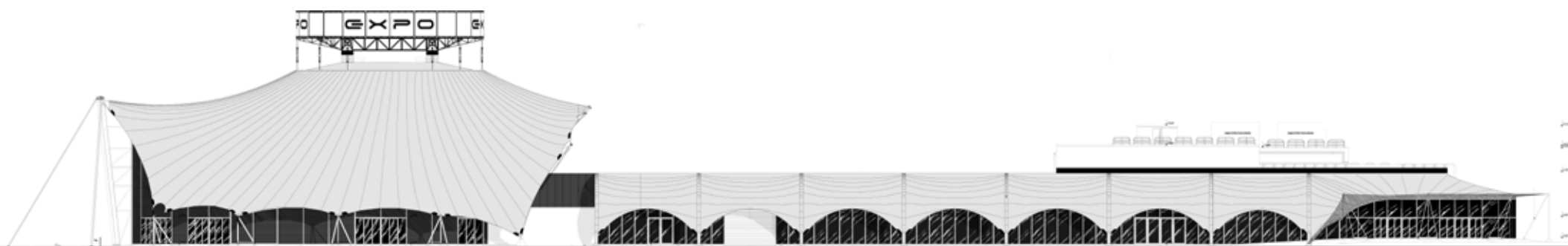
A Színházsátor

A nyugati nagy sátor fogadja magába az Expo legreprezentatívabb funkcióit, a nagytermi méretének köszönhetően. A sátor közepén kapott helyet a mobil színpadtér, és az azt körülölelő, rendezvénytől függően alakítható nézőtér. A hatalmas sátor lehetőséget nyújt 600 fős színházi rendezvények megtartására, 1200 fős kongresszus rendezésére, és 2000 m²-es Expo fogadására.

Az ilyen volumenű feszített sátorszerkezetek nem egyszerű épületek, hanem mérnöki szerkezetek. Tervezésük során szoros együttműködést igényelnek a statikus és szakági tervezőkkel. A sátorszerkezet számítási részét a Budapesti

Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar Tartószerkezetek Mechanikája Tanszék készítette.

A szokatlan alakú épületforma indokoltá tette a szélcsatorna kísérlet szükségességét. A szélcsatorna kísérlet CFD (Computational Fluid Dynamics = numerikus áramlásszimuláció) módszerrel készült, és a BME Hidrotechnikai Rendszerek Tanszéke készítette. A színház sátor külső felületére ható, háromféle irányból, állandó 120 km/óra sebességgel fújó szél hatására keletkező nyomáseloszlásokat kaptuk eredményül, és vettük figyelembe a számításoknál. A sátrak tervezéséhez egész Európában nincs egységes méretezési elv, így a sátorszerkezetek jelenleg a DIN



szabvány szerint készülnek.

A belső héjra nem készült szélcsatornás vizsgálat, ezért a gépi mozgatású kapu olyan automatikát kapott, amely 60 km/órás szélnél a kaput automatikusan becsukja. Ez a „hangárkapu” egyedi szerkezetű, acél-ponyva kombináció, ami a szabadtéri rendezvényeket szolgálja.

A ponyvaszerkezetek tervezése az alábbi, egymással szorosan összekapcsolódó feladatok elvégzését igényli:

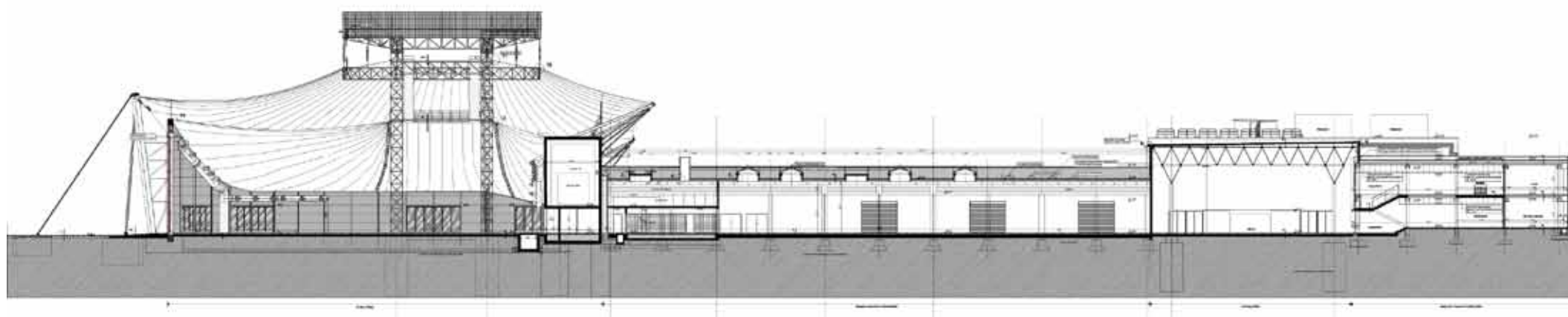
- olyan szerelési alak felvétele, amely lehetőséget ad kellően egyenletes előfeszítésre,
- a külső terhekből fellépő feszültségek meghatározása,
- a nyomófeszültségeket ellensúlyozó nagyságú előfeszítés felvétele,
- a megfelelő szilárdságú ponyva felvétele,

- a külső teherből származó alakváltozások ellenőrzése,
- a szabási alak meghatározása,
- a szabásminta és összeállítási terv elkészítése.

Ezeknek a feladatrészeknek az eredményei többé-kevésbé vissza is hatnak egymásra, így a tervezést ezeknek a feladatrészeknek a többszöri, iteráció-szerű végrehajtásával szokták végezni.

Maga a ponyva négy acélrácsos tartóoszlopon felhúzott acélgyűrű segítségével feszül ki, nyeri el végleges alakját. Az oszlopok közötti tér a színpad tere is egyben.

A sátor kéthéjú, biztosítva a fűtést, szellőzést, akusztikai megfelelést, scenikai célo-



kat, szükségleteket, a látvány szépségét.

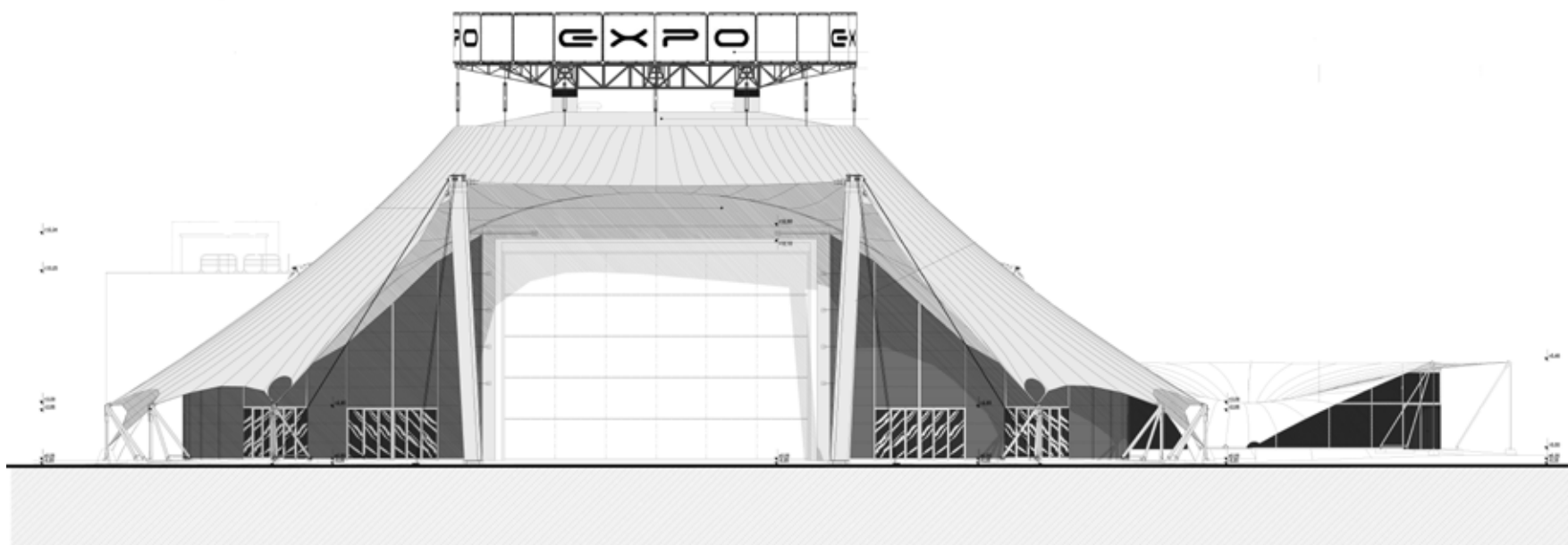
A padlóburkolata nagy szilárdságú ipari padlóburkolat, akárcsak az oldalsátor padlószerkezete, melyben csatornák futnak a gépészeti berendezések kiszolgálására, és a konténerek ellátására.

A ponyvaszerkezetes épületeknél alkalmazott leggyakoribb fűtési mód a légfűtés. Kedvező helyfoglalásával a legkevésbé veszélyezteti a csarnok használati értékét. A légvezetést gondosan meg kell tervezni, hogy a szellőzőlevegő maradéktalanul átöblítse a tartózkodási zónát. Egy fűtött épület összes energiafelhasználása alapvetően függ a fűtési üzemidő helyes megválasztásától. A fűtést

igénylő ponyvaszerkezetes építmények használata többnyire szakaszos, és a megszakításos fűtési üzemvitelt indokolja. A fűtési üzem megszűntével a helyiség gyorsan lehűl. Az üzemszüneti időben, a kisebb belső hőmérséklet miatt, a hőveszteség erősen csökken. Felfűtéskor viszont a helyiség gyorsan melegíthető fel minimális többletteljesítménnyel.

A ponyvaszerkezetek hőszigetelésének javítása többhjú szerkezet kialakításával érhető el, ebben az esetben, a hőszigetelést a ponyvahéjak közötti légréteg biztosítja. Az expo sátor szerkezetei is ilyen módon lettek kialakítva.

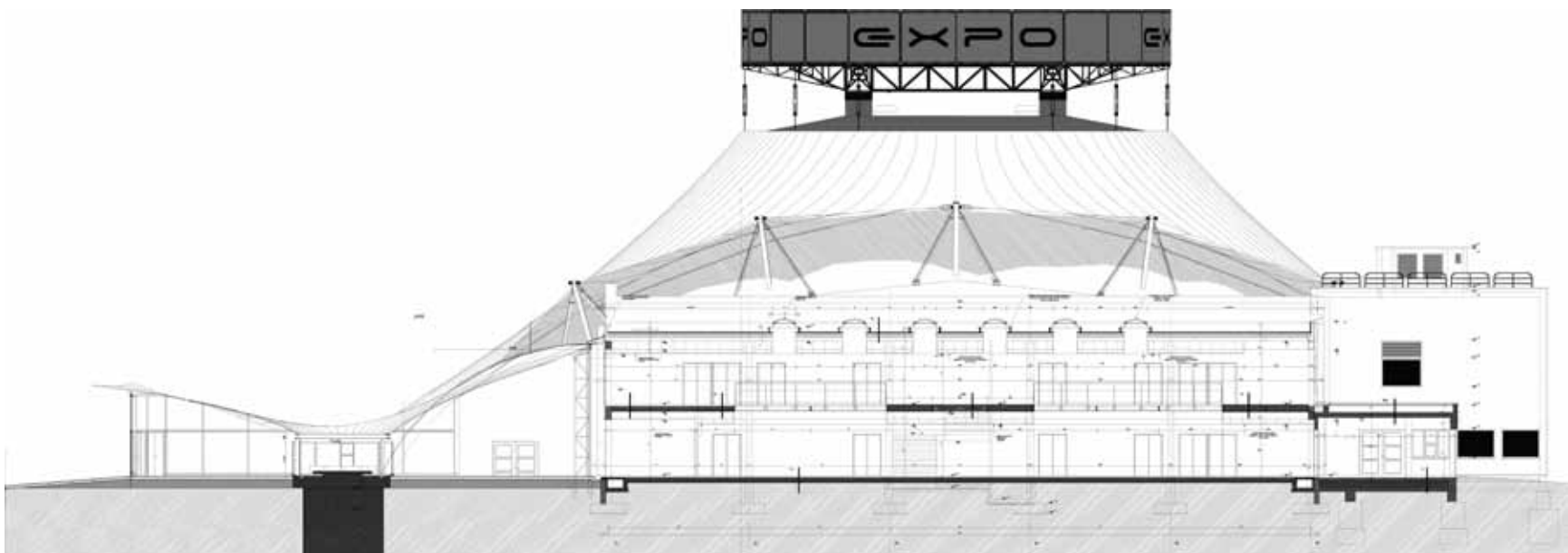
Az előbbiekből kitűnik, hogy sátor szerkezetű épületeknél



elkerülhetetlen a megfelelő gépészeti berendezés kiválasztása. Abban az esetben, ha az adott rendezvény fűtött teret igényel, akkor ezt biztosítani kell. Az expo tervezésénél is körültekintő gépészeti megoldásra volt szükség, ezt a feladatot Bertalan Ferenc és Pattantyús-Á. Istvánné, gépészmérnökök oldották meg.

A sátor transzmissziós hővesztés-gének pótlása a padlószerkezet temperálásával, és légfűtéssel történik. Azért, hogy a hőérzet szempontjából a sátor belső tere kedvezőbb legyen, és a szükséges belső helyiségek hőmérséklete gazdaságosabban legyen biztosítható, temperáló padlófűtés került kialakításra. Ugyan- is a padlófelületről sugárzó hő biztosításával a tartózkodási

zónában a hőérzet szempont- jából kedvező állapot alakul ki úgy, hogy a teljes belma- gasságban nem lesz különbö- ző hőmérsékletű levegőréteg- ződés. A padlófűtési rendszert fagyálló (etilenglykol) oldat- tal lett feltöltve, így a fűtés le- állítása után a rendszer szétfa- gyása nem fenyeget. A maga- sabb belső hőmérséklet eléré- séhez a légtechnikai rendsze- rek 100 %-os visszakeveréssel üzemeltethetők, ezáltal a bel- ső tér felfűtése rövid idő alatt megtörténik. A gazdaságos üzemeltetés szempontja miatt a rendszer kialakítása úgy tör- tént, hogy az elszívott levegő hőtartalma hővisszanyeréssel kivételre kerül, ezenkívül ki- sebb belső és külső terhelés esetén a légmennyiség csök- kenthető, az egyik légtech- nikai rendszer kikapcsolásá-

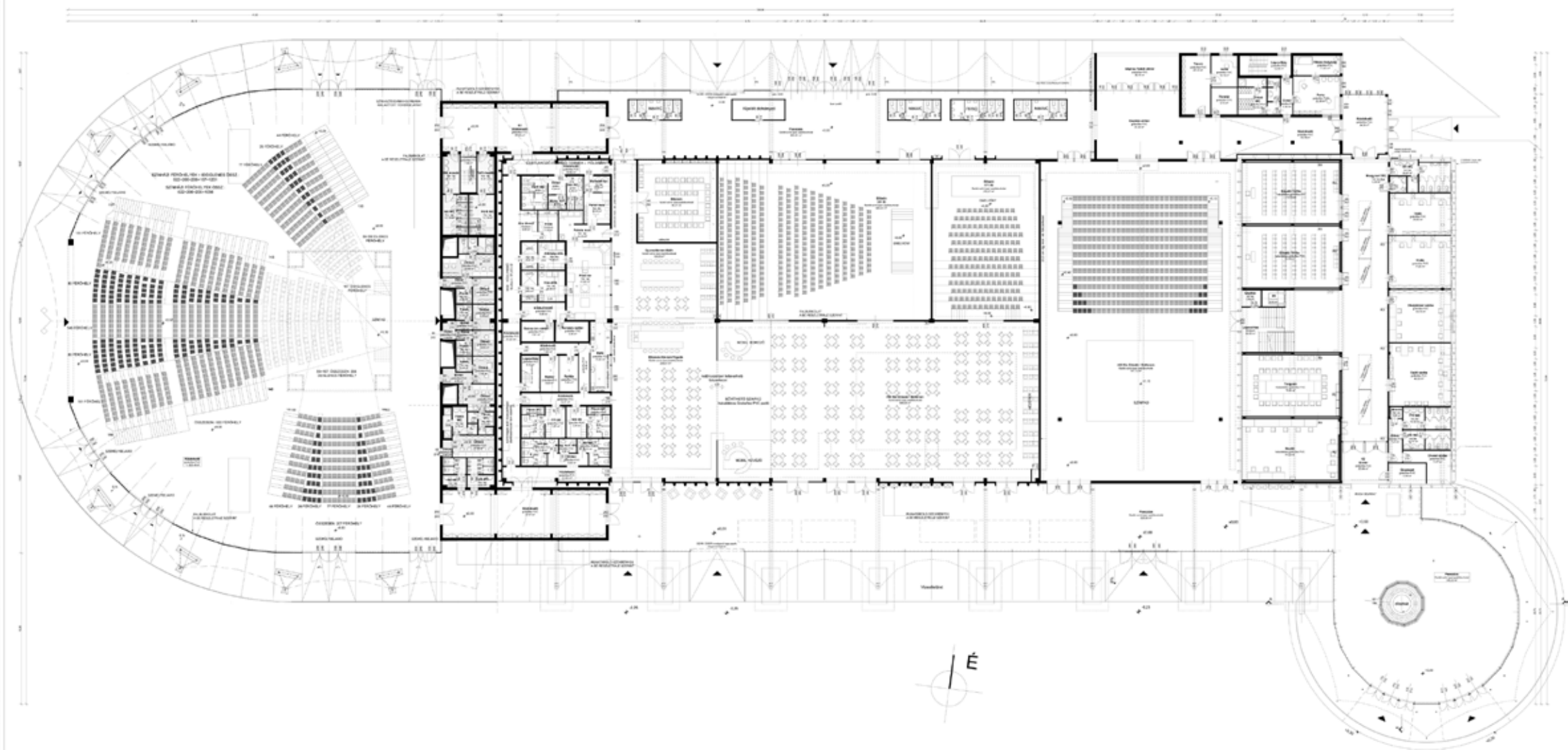


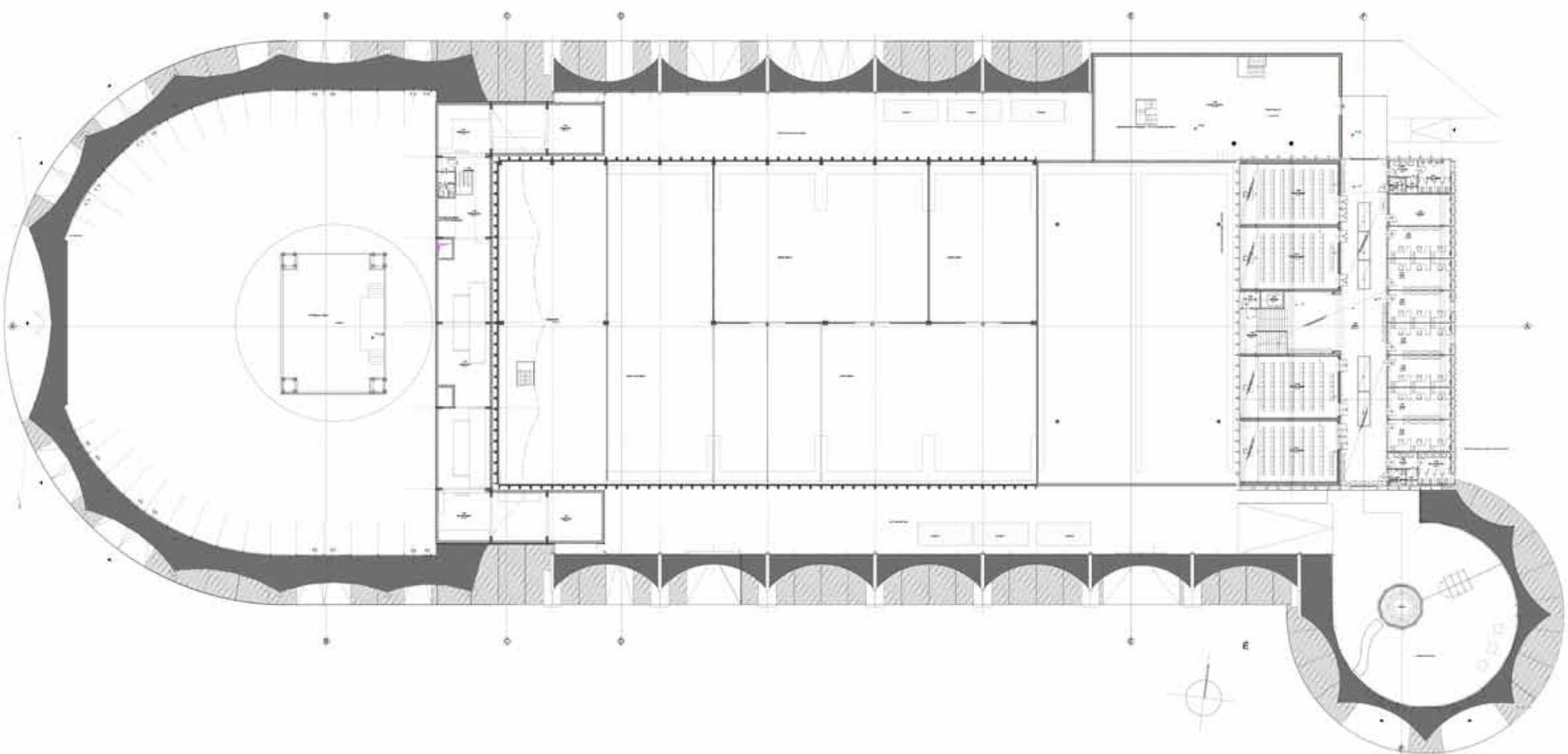
val vagy a légkezelők ventillátorainak fél fordulaton történő üzemeltetésével. A levegő elszívása az alacsony zajszint igény miatt kis sebességgel történik.

A színházi öltözők a szerelőcsarnok fala mentén húzódó földszint, plusz egy szintes íves lezáródású vb. szerkezetű gépház földszintjére kerültek.

A multifunkcionalitást segíti még a kiszolgáló létesítmények újszerű megoldása is: mozgatható konténerekben

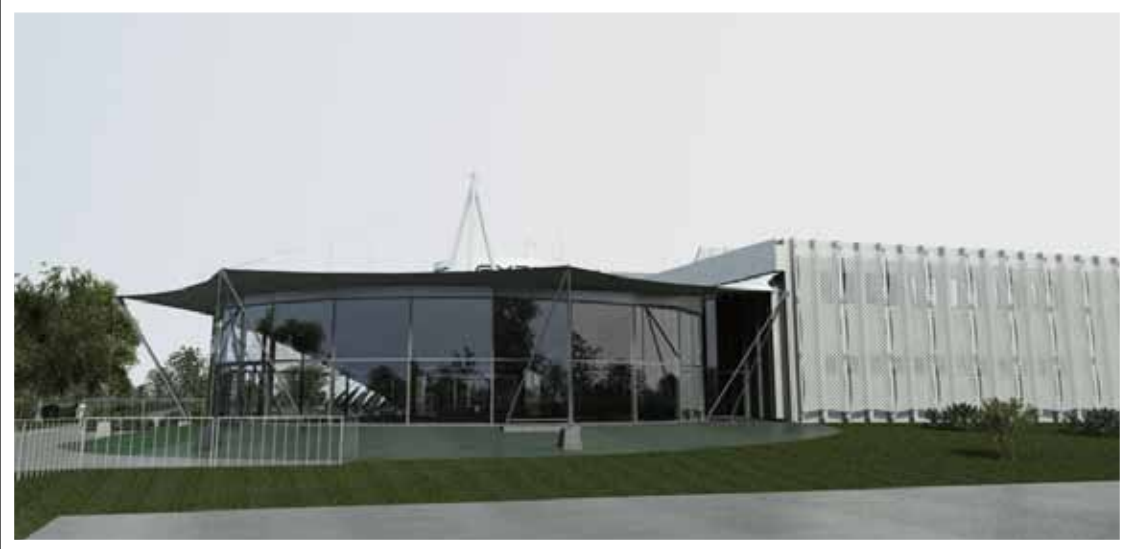
különbféle funkciókat helyeztünk el / szociális, iroda, orvosi szoba, tűzoltó helyiség, WC, zuhanyzó-mosdó blokk, ruhatár, büfé, hírlap, dohány kiállító egység stb.

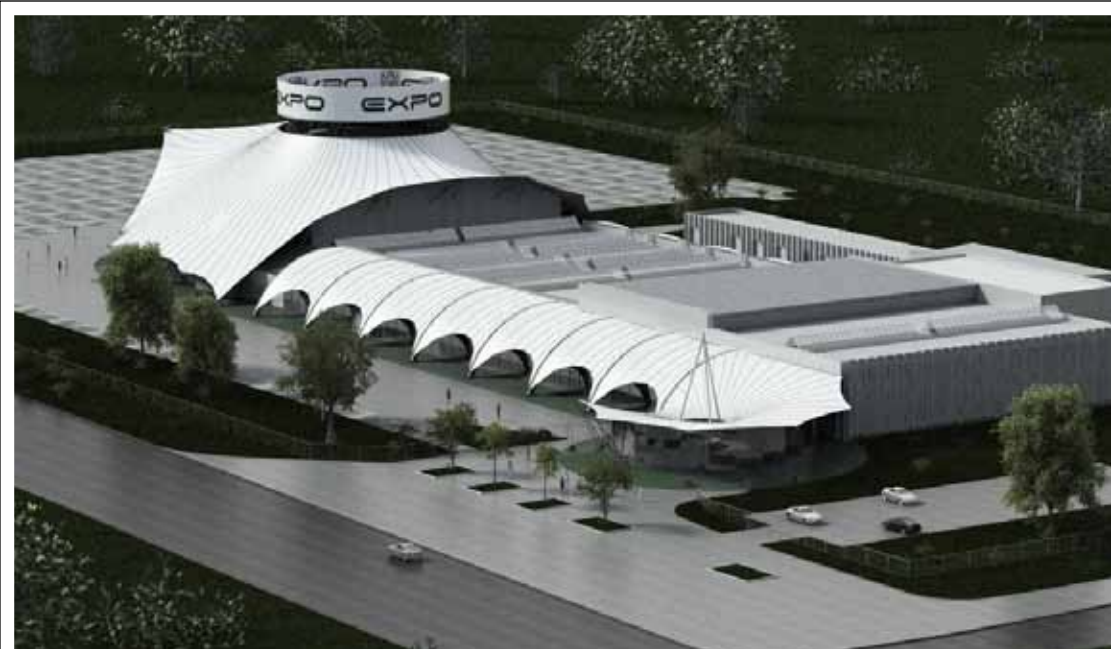




◀ 1. kép
Földszinti alaprajz

▲ 1. kép
Emeleti alaprajz





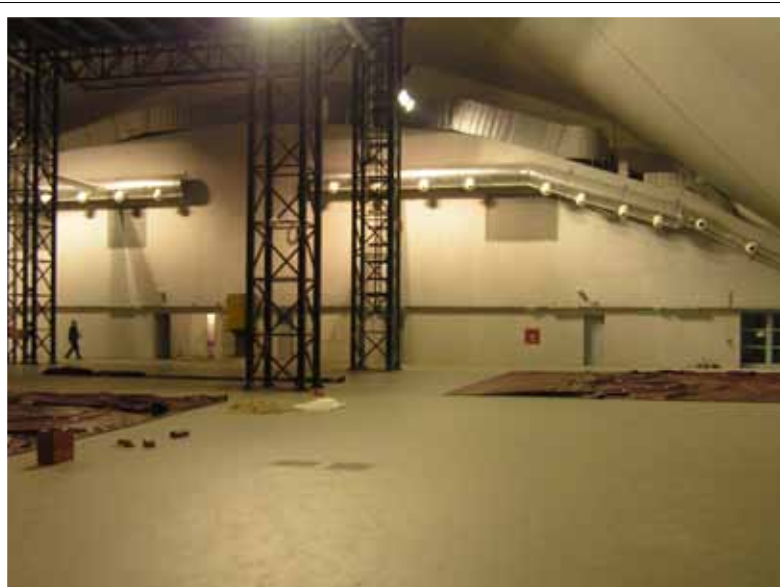


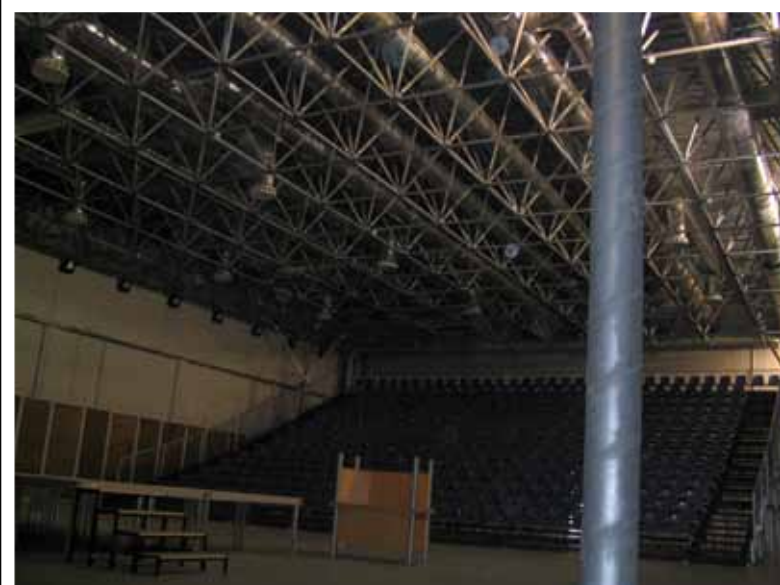
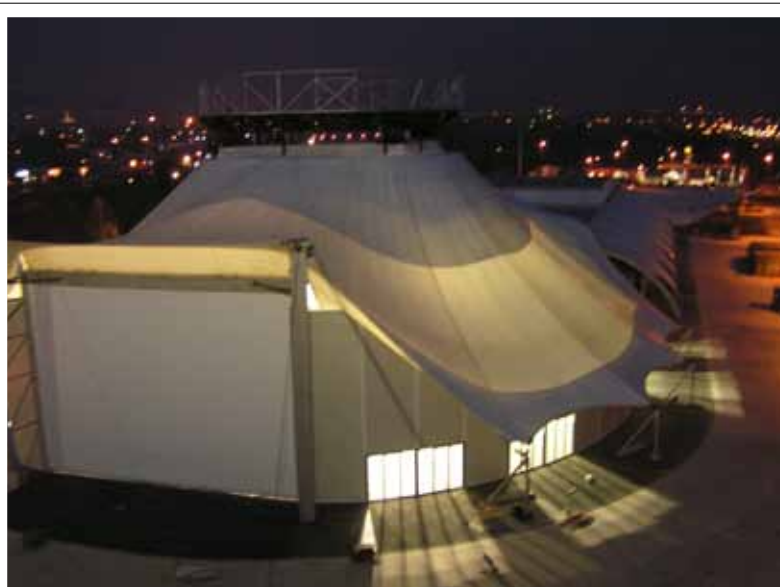


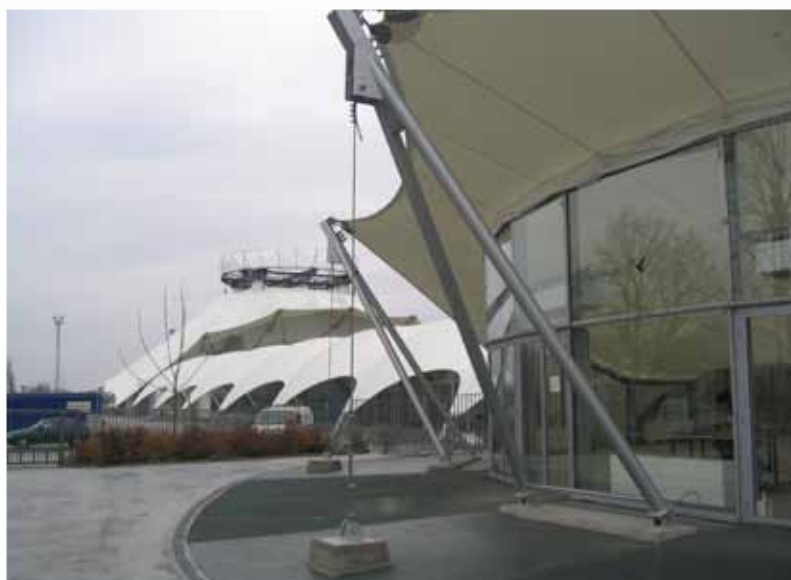












III. TÉZIS

A textil héjszerkezetek modern kompozíciók, amelyek anyaga különleges ponyvák: ez lehet például teflon-, PVC-, vagy PTFE-bevonatos üvegszálas ponyva, ETFE-fólia, napjainkban pedig ígéretesnek tűnnek a fotovoltaiikus vagy a LED-del kiegészített különleges megoldásokkal (ún. fotonikus, világító textilekkel) kapcsolatos kutatások, amelyek tovább tárgítják a ponyvaszerkezetek alkalmazásának lehetőségeit. A ponyvaanyagokkal való kísérletezés, fejlesztés, új ponyvaanyagok létrehozása is arra utal, hogy a mai kor építészei számolnak az efféle szerkezetekkel.

A feladat nehézségét a meglévő épületekhez való idomulás adta. Magyarországon eddig még nem készült ehhez hasonló volumenű szerkezet, ezért a tervezés előtt több külföldi példát is megvizsgáltunk. Egy ilyen szerkezet gyártásakor szoros együttműködésnek kell lennie a tervező csapat, a ponyvagyártó cég és a kivitelező csapat között.

Kezdetekben a sátor részek kivitelezői több cégtől kértek ajánlatot. A legjobbat az INDUSTRIAL SEDÓ, S.A. adta. A színház sátonál a kiválasztott ponyvaanyag GAMMA-12 M-2, 950gr/m², 300cm széles, 9003 színszámú fehér. A ponyva szálirányú szakítási teherbírása 4kN/5cm, a keresztirányú pedig 3,6kN/5cm. Az oldalfolyosóknál és a bejáratok helyénél 700gr/m², GAM-

MA-2 M-2, 300cm széles ponyva lett kiválasztva.

Azonban a beruházó által először megbízott cég által gyártott ponyva, és a cég által javasolt csomóponti megoldások nem bizonyultak megfelelőnek. A szakszerűtlen gyártás és kivitelezés miatt, az építkezés folyamán több komplikáció is felmerült. Ennek következményeképp, valamint a beruházó időközben megváltozott igényei miatt koordinálásunk alatt új szakcégek lettek megpályáztatva a ponyva újratervezésére, legyártására, és kivitelezésére. A megbízást a Graboplan Kft. kapta meg.

A Graboplan Kft. által készült tervek alapján a színház (nagy) sátor külső és belső ponyvájának, valamint az oldalsátrak ponyvájának alakja változatlan

PÉCSI EXPO CENTER PONYVAANYAGA

57
dla



1. ábra
A szintetikus ponyvaanyagok felépítése

maradt. A ponyvák anyaga a megnövelt biztonsági tényező miatt erősebb lett. Az oldal-sátrakba a Pécsi Rendezvény-szervező Kht. Kérésére belső, második belső héj került.

A bejáratí kehelysátor az amely külső megjelenésében is megváltozott első sorban statikai megfontolások miatt, a biztonságos üzemeltetés érdekében. Belső megjelenésében is változott, hiszen a bejáratnál kialakított szobor lebontásra került, és más helyszínen nyert elhelyezést.

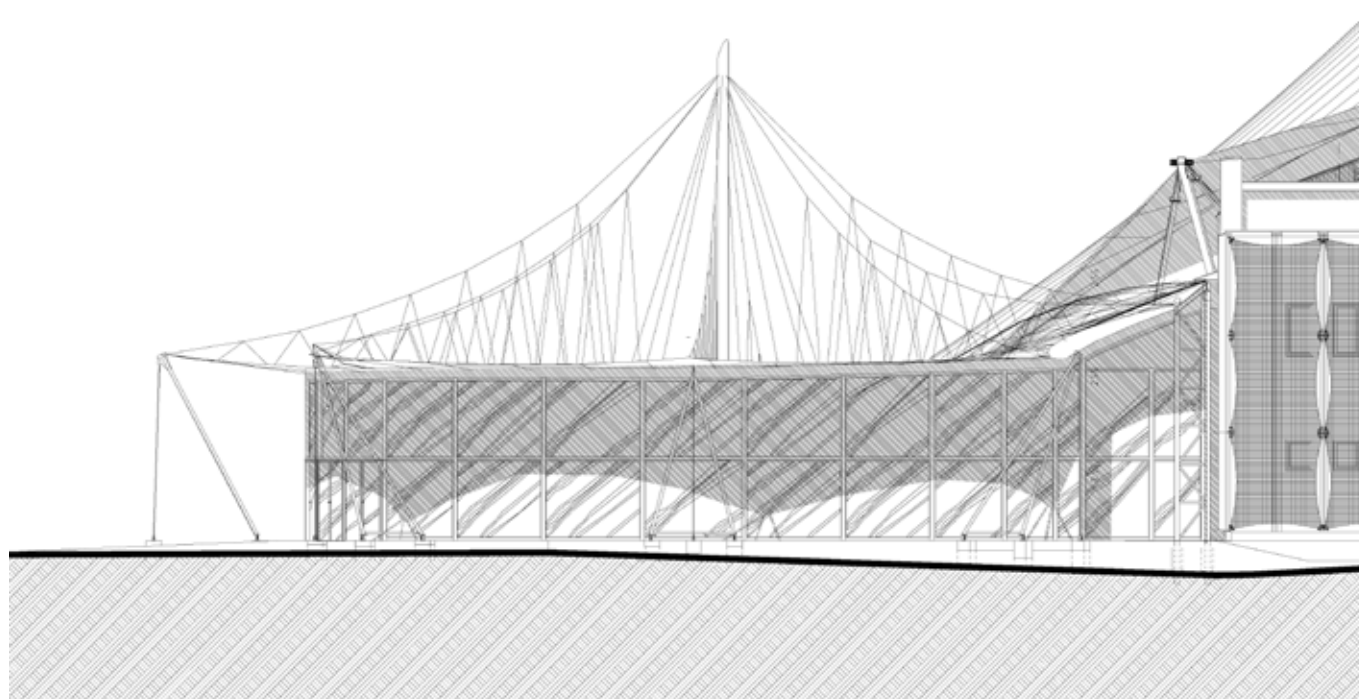
A cég a meglévő szerkezeteket kihasználva, és átalakítva új csomópontokat tervezett a ponyvaszerkezet megfeszítésére is.

A bejáratí sátor membrán anyaga UV stabil NAZIL EXTRA COVER (V. tip) melynek szakító szilárdsága szálirányba: 10000 N/5 cm vetüλέkirányban 9000 N/5 cm.

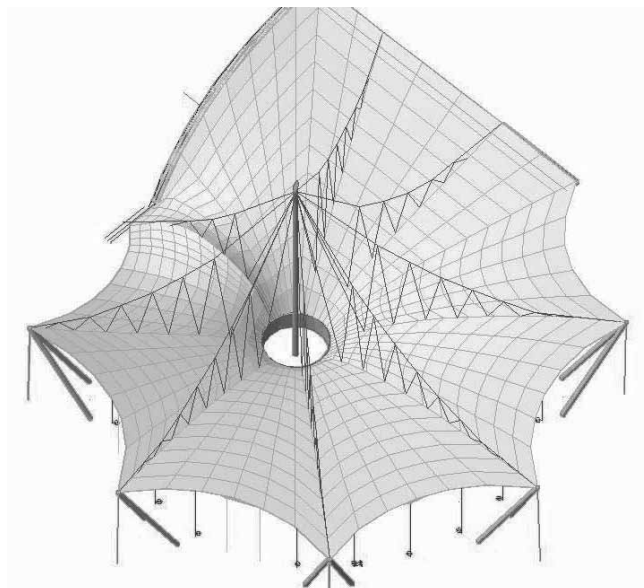
A szintetikus ponyvaanyagok két fő alkotóelemből tevődnek össze:

- textilszövet, amely a szilárdsági tulajdonságokat biztosítja;
- műanyag film, amely a textilbetétet - egyik vagy mindkét oldalán beburkolva - megvédi a külső hatásoktól (1. ábra).

A textilbetét nagy szilárdságú szintetikus szálanyagokból, elsősorban poliészterből vagy poliamidból készül, rendszerint szövési technológiával.

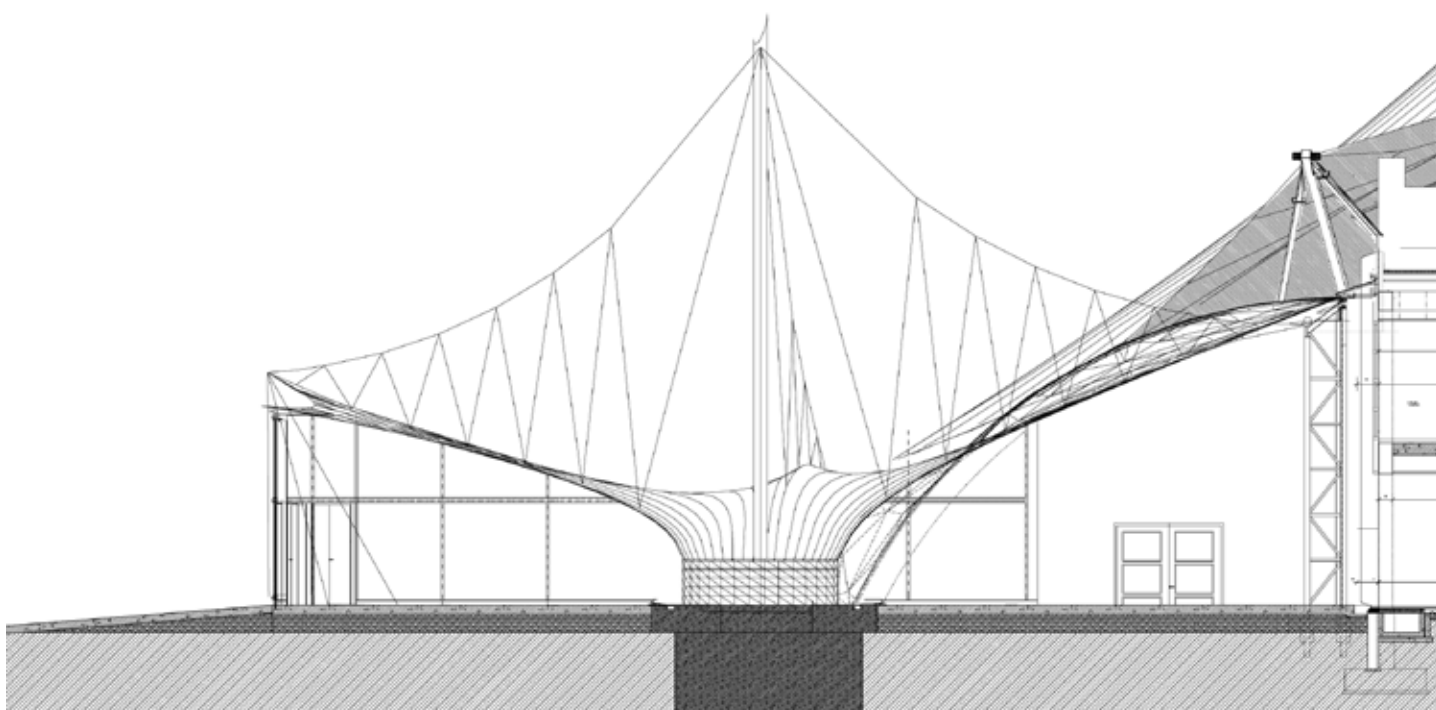


◀ 1. kép
Új Bejáratí kehely homlokzata



Az alkalmazott ponyvaanyag poliészter szövet PVC bevonattal, amelynek előnyei az alábbiak:

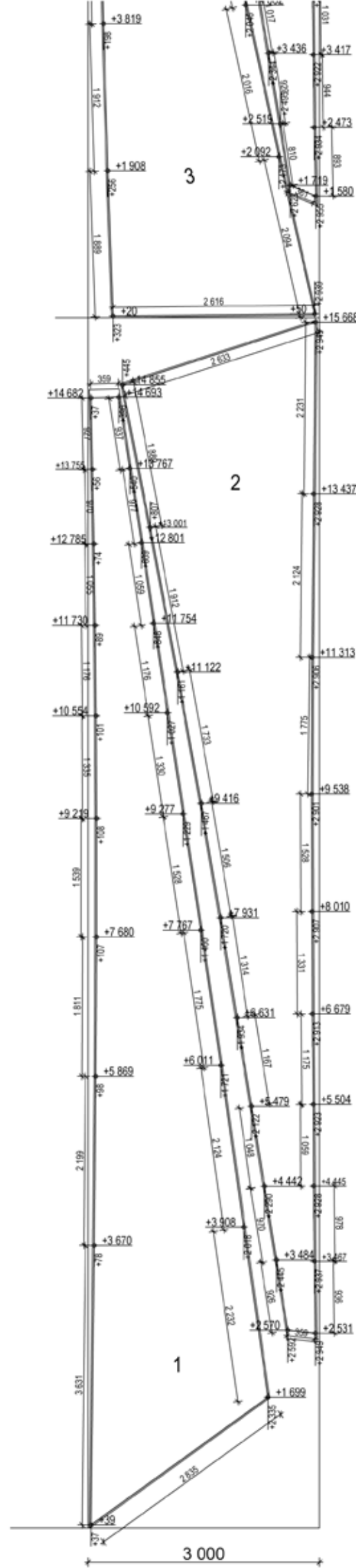
- Költséghatékony anyag, amely állandó és időszakos konstrukciók számára is ideális.
- A speciális külső lakkozás által ez a héjszerkezet időjárás és UV-sugárzás álló, és jól illeszkedik a helyszín és a használat adottságaihoz.
- A sima felület jól tisztítható.
- A PVC héjszerkezetek nehezen éghető, nem égve csepegtető tulajdonságúak és az átlagos várható élettartamuk 15-20 év.
- A PVC újrafelhasználásának módszerét szabadalmaztatták és jelenleg iparosítják.
- A felvitt réteg különböző pigmentjei által számtalan színben gyártható.



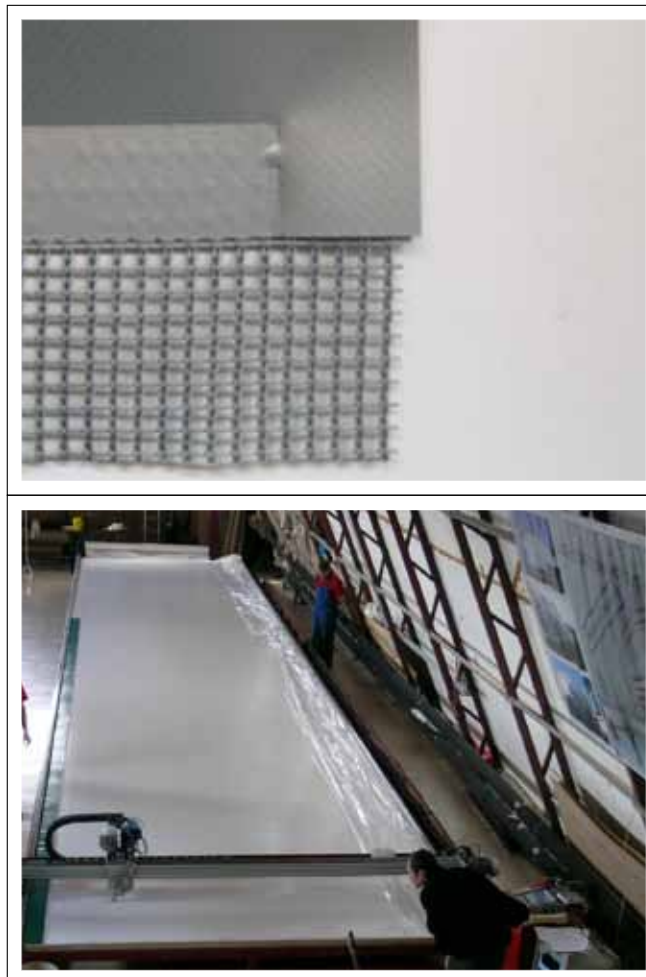
1. kép ►
Új Bejárati kehely metszete

A szabásminta

„A ponyvaszerkezet csak akkor alkalmas teherviselésre, ha előzetesen megfelelő alakra feszítjük. A szerkezetnek ezt az alakját szerelési alaknak nevezzük. Az erőtan szempontok alapján meghatározott alak kialakításában sajátos nehézséget okoz, hogy az alapanyaguk síkban gyártott, zérus Gauss-féle görbületű ponyva. Ahhoz, hogy a sík ponyvából teherhordó mérnöki szerkezetet alakíthassunk ki, a ruhaszabáshoz hasonló technológiát kell alkalmaznunk. A feladat az, hogy megfelelő szabásminta szerint kivágott felületrészek egymáshoz illesztésével sík felületű alapanyagból görbületekkel bíró, meglehetősen összetett



1. kép ►
Bejárati kehely szabásterve 3000 mm
széles ponyvára tervezve



1. kép
Ponyva anyag összetétele
2. kép
Számítógépes szabóasztal

térbeli felületet kell előállítani.

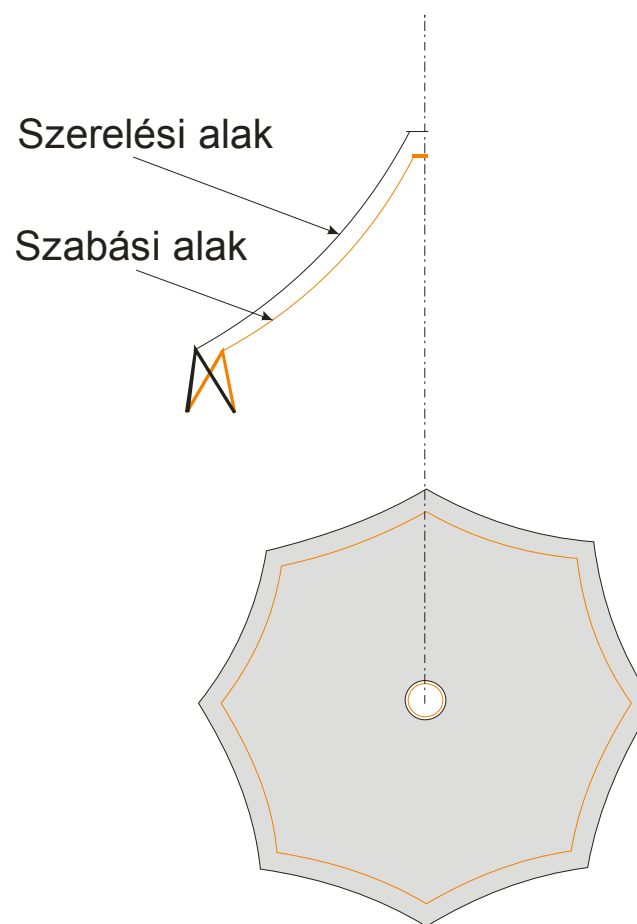
Teljes membrán-merevségű sík felületelemekből negatív Gauss-féle görbületű felületet csak közelítőleg lehet kialakítani. Hogy a megvalósuló sátor alakja minél közelebb állhasson a számítással meghatározott alakhoz, a sátrat részletes szabásminta alapján kivágott sajátos alakú sávokból állítják össze.

A szabásminta méreteinek a felvételéhez a szerkezet szerelési alakján mért hosszúságokból kell kiindulni, de nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy ezek a hosszúságok a sátor megfeszített állapotában értelmezett geometriai jellemzők. Figyelembe kell továbbá vennünk azt is, hogy a szerelési alak nem síkba fejtethető, általában negatív Gauss-görbületű felület, amelynek belső geometriája eltér a sík geometriájától, ezért ezt az alakot térben hajlított síkidomokkal csak több-kevesebb hibával lehet megközelíteni. A síkidomok összeillesztéséből származó alakhiba annál nagyobb, minél nagyobb a szorzatgörbület eltérése a sík zérus szorzatgörbületétől,

ill. minél nagyobb területű síkidomok összeillesztésével közelítjük a felületalakot.

Mivel a szerelési alakban a ponyvaszerkezet nem feszültségmentes, a szerkezet összeállítandó elemeit viszont feszültségmentes anyagból vágják ki, a szabásminta elkészítésénél figyelembe kell vennünk azokat a nyúlásokat, amelyeket a ponyvadarabok a szerelési alakra feszítés során elszennvednek. Ezt a műveletet kompenzációnak nevezzük. A kompenzáció a ponyvaszerkezetek készítésének az egyik legfontosabb lépése. A kompenzációval „visszaszámolt” nyúlásmentes alakot a sátor szabási alakjának nevezzük.

A szabásminta megtervezésé-



2. ábra
A szerelési és a szabási alak kapcsolata

nél gondosan mérlegelni kell az illesztési vonalak és a ponyva különböző irányú merevségeit meghatározó szálirányok helyzetét, mert szerencsétlen esetben az is előfordulhat, hogy a sátrat a csatlakozó ponyvasávok erősen eltérő húzási merevségei miatt semmiképp sem lehet feszesre feszíteni, ami szinte egyenértékű a sátor használhatatlanságával.

A szabásminta megtervezéséhez tartozik a ponyva kettőzés, esetleg triplázás megtervezése is. Erre amiatt lehet szükség, mert nem gazdaságos a teljes sátor felületet a legnagyobb húzás felvételére alkalmas anyagból készíteni, ha a valóban nagy húzások viszonylag kis tartományokra korlátozódnak. Célsze-

rűbb ilyenkor a felület túlnyomó részén kielégítő szilárdságú ponyvát választani, amelyet a nagyobb húzások helyén – a megfelelő együttdolgozást biztosítva – két vagy három rétegben alkalmazunk. A tapasztalatok szerint a második, harmadik réteg húzási teherbírását még a megbízhatónak mutatókozó együttdolgoztatás esetén sem célszerű teljes értékkel figyelembe venni a szilárdsági ellenőrzés során.

Összegezve: az elkészült szerkezet viselkedése jelentős mértékben függ attól, hogy milyen szabásminta alkalmazásával állítják elő, a jó szabásminta felvétele rátermettséget, mesterségbeli tudást és nagy tapasztalatot igényel.”



1.-2. kép
Ponyva konfekcionáló műhely



1. kép
Ponyva tekercsekben tárolva
2. kép
Nagyfrekvenciás hegesztőgép

A multifunkcionális épületek fenntartása az átadás után az üzemeltető és a városvezetés feladata. Az üzemeltetőn múlik, hogy ki tudja e használni az épület adta lehetőségeket, fel tudja e mérni az adott piaci követelményeket. Olyan piacképes árat tud e meghatározni, amely eladhatóvá teszi az épületet, és ez által hosszú távon üzemeltetni, „életben” tudja tartani az épületet.

IV. TÉZIS

IV TÉZIS - ÜZEMELTETÉS

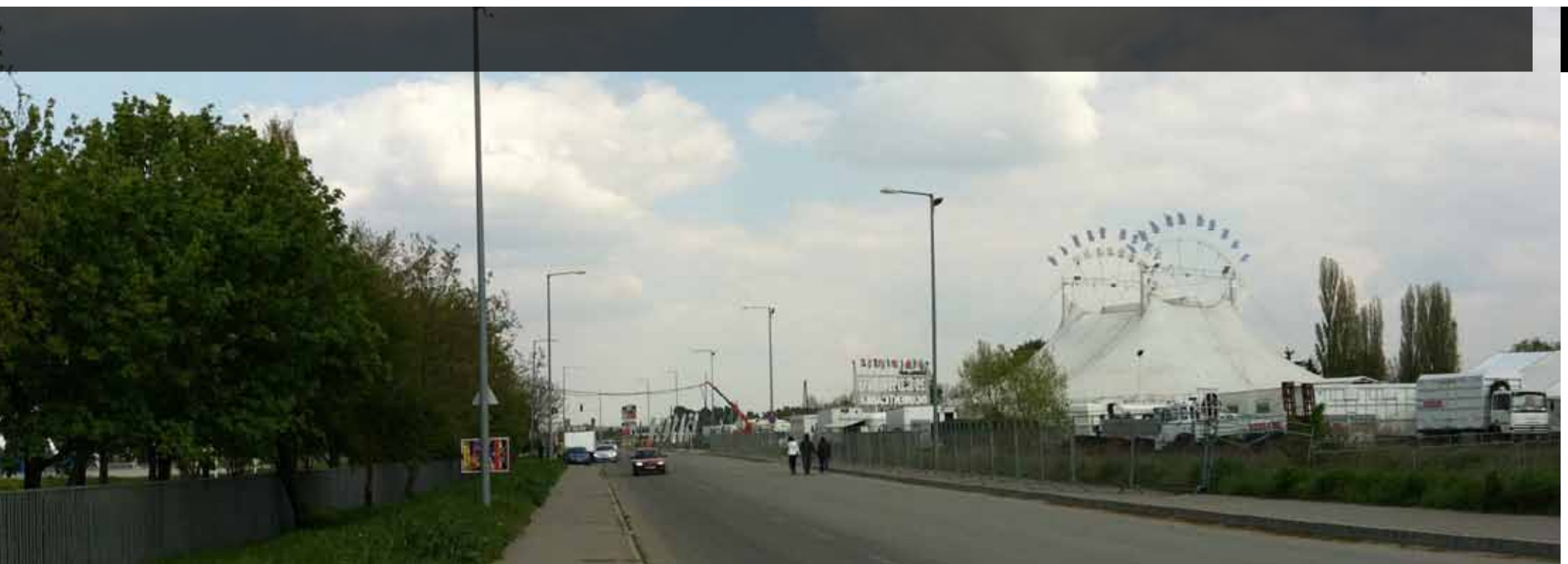


Pécs 2010-ben Európa kulturális fővárosa lett, ebből kifolyólag számtalan rendezvény került és kerül megrendezésre a városban. A cím megszerzése által Pécs országos, sőt európai szinten felhívta magára az emberek figyelmét. Ha ezeket az adottságokat nem tudják kihasználni annak érdekében, hogy egy ilyen volumenű multifunkciós épület gazdaságos, és nyereséges legyen, az benyomásom szerint üzemeltetői felelősség.

Sajnos a középületek fenntarthatóságát nagymértékben befolyásolja a politika, hogy az éppen aktuálisan hatalmon lévő városvezetőség, hogyan áll az adott épülethez, célja-e, hogy az sikeresen működjön vagy sem. Az üzemeltetés abból a szempontból sincs

könnyű helyzetben, hogy az épület beruházásra szánt összegét nem pályázati pénzből, hanem hitelből oldották meg, amely a banki kamatokkal másfélszeresére növelte a beruházás összegét, abba kényszerhelyzetbe kerülve ez által, hogy a banknak fizetendő törlesztést ki kell termelnie az épületnek.

Az Expo Center üzemeltetésének feladatát nem könnyítette meg az sem, hogy az Európa Kulturális Főváros címének keretein belül épült épületek, gondolok itt a Pécsi Konferencia és Koncertközpontra vagy a Zsolnay Negyedre, amelyek nyilvánvalóan konkurenciát jelentenek a több konferencia terem, és multifunkciós teret magába foglaló Pécsi Expo Centernek, tovább éle-



sítve ezzel a piacon kialakult versenyhelyzetet. Arról nem is beszélve, hogy az új épületek a város központi és könnyen megközelíthető területein helyezkednek el.

Ennek ellenére számos nagyszabású, és nagy tömegeket vonzó rendezvény került már megrendezésre az Expo területén. Olyan világhírű előadókkal találkozhattunk, mint Plácido Domingo, Seal, Dj Tiesto. Olyan nagyszabású színi előadások zárultak nagy sikerrel, mint a Rómeó és Júlia és az Operaház fantomja. Több visszatérő rendezvénynek ad helyet, mint például a nemzetközi dj fesztivál vagy az Allianz Rally. Ezek a rendezvények is mind azt igazolják, hogy a Pécsi Expo Center éléről egy olyan politikától független, fiatal és lendületes csapat hiányzik, akik ötleteikkel, rendezvényeikkel közelebb hozzák az épületet a pécsi lakosokhoz.

Az üzemeltetés egyik legnagyobb hibája, hogy az épület szinte a nap 24 órájában kerítésekkel elkerítve, elzárva áll a látogatók, a pécsi polgárok előtt, amely tulajdonkép-

pen elijeszti az arra látogatót. Úgy érzem, jogosan merül fel az emberek haragja ezzel kapcsolatban, hiszen az épület közpénzből, az ő pénzük-ből is épült. Véleményem szerint megoldást jelentene, ha az üzemeltetők olyan programokat szerveznének, olyan funkciókkal bővítenék az épületet, amely ingyenesen, esetleg a nap 24 órájában megközelíthetővé tennék az emberek számára, ezáltal elérnék, hogy az emberek pozitív szemmel nézzenek az épületre.

Ezek alapján úgy gondolom, hogy ha az üzemeltetés helyesen tudja felmérni a piac diktálta követelményeket, és ez által fel tudja venni a versenyt a konkurens épületekkel, olyan ötletekkel tud előállni és olyan rendezvényeket tud megszervezni, amelyek felkeltik, és fenn tartják az emberek érdeklődését akkor kijelenthetjük, hogy közösen egy olyan épületet hoztunk létre, amely hosszú életű, és sokáig Pécs egyik szimbólumaként szolgálhat.



1.-2. kép
Seal koncert, Pécsi Expo Center
Forrás: bama.hu



1.-2. kép
Plácido Domingo, Pécsi Expo Center
Forrás: bama.hu



1.-2. kép
Plácido Domingo, Pécsi Expo Center
Forrás: bama.hu



Sokak szemében a ponyvából készült szerkezetek, sátrak nem számítanak teljes értékű épületeknek. A közvélemény szemében a masszív, négyszögletes, fixen rögzített szerkezetek az igazi házak, míg (a kempingezéstől eltekintve) a sátrakról manapság leginkább a menekültek, az állandó otthon nélkül élő vándorok vagy a természeti katasztrófák áldozatai jutnak eszünkbe. Nehéz elképzelni, hogy a sátrak valaha a fényűzés netovábbjait jelentették, és egyes ősi mítoszokban a világmindenséget jelképezik.

Manapság a korszerű technológia vívmányainak és az egyre nagyobb alapterületű épületek iránti igényeknek köszönhetően reneszánszukat élik a ponyvaszerkezetek. Egyre tartósabb, szebb, teherbíróbb létesítmények épülnek az ősi és a high-tech ötvöztetésével, amelyek kihasználják a sátrak olyan előnyeit, mint a flexibilitás, könnyű és szellős szerkezet és a térszervezés szabadsága. Ráadásul íves vonalaik, szoborszerű formáik különleges szép építészeti alkotásokká teszik a ponyvaszerkezeteket.

PONYVASZERKEZETEK ALKALMAZHATÓSÁGA

A számítástechnológia fejlődése és az egyre korszerűbb membránok kifejlesztése tette lehetővé, hogy egyre bonyolultabb és egyre nagyobb méretű, gigantikus „szupersátrak” épülhessenek, amelyek remekül kielégítik az olyan speciális igénye-

ket, mint amilyeneket a kiállítási épületek, a több tízezer főt befogadó sportlétesítmények vagy éppen a megaméretű repülőtéri csarnokok támasztanak. A következőkben bemutatók néhány valóban látványos ponyvaszerkezetet.

**Majoros Gábor, Óvári Tibor:
Kamaraerdei Ifjúsági Park,
Budapest, Magyarország 1979, 1992**

A Kamaraerdei Ifjúsági Park sátorszerkezetét is a Pécsi Expo Center egyik előképeként tekintjük. A sátorszerkezet elénkészítéséhez a statikai és a szabástervek számítógépes feldolgozással történtek, valamint szélcsatorna kísérlet is készült.

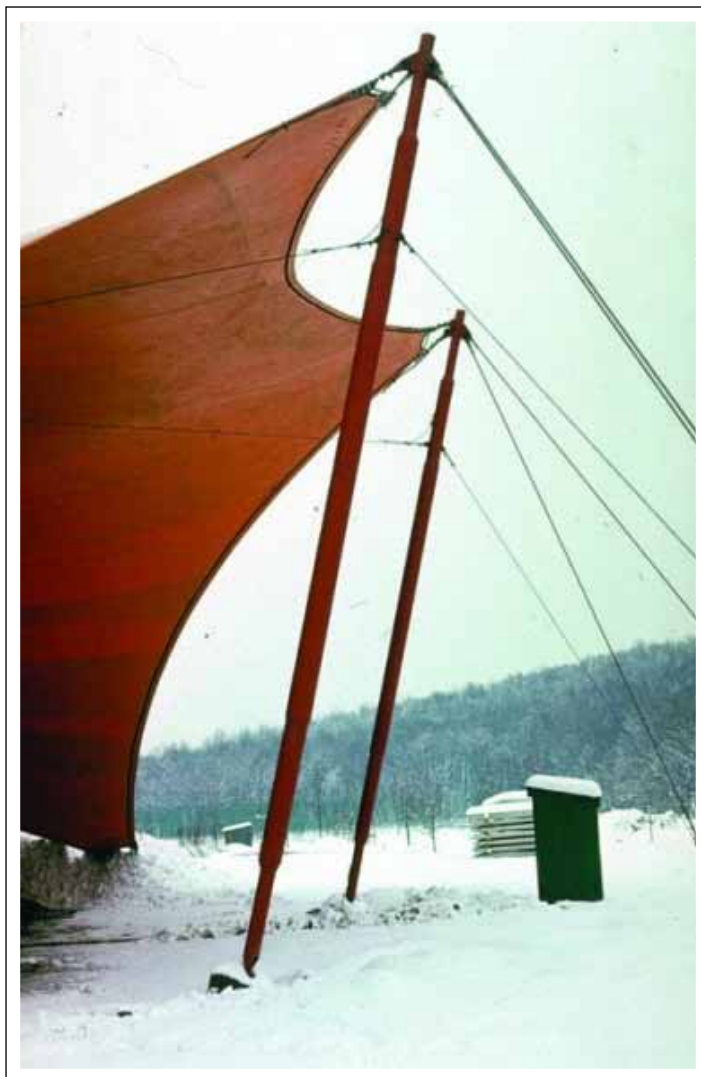
Az eredeti elképzelés szerint a sátor oldalfal nélkül, az erdő felé nyitott szájjal készült.

Az 1979-ben készült sátor felújítása során az épület nyitottsága megszűnt. Ponyva oldalfalak készültek iparművész közreműködésével, az erdő felőli, nyitott száj pedig megszűnt.

A Kamaraerdei Ifjúsági Park a legkülönbélebb közösségi és igényes szórakoztató eseményeknek ad otthont hosszú évek óta: vállalati rendezvények, sport- és családi napok, gyermeknap rendezvények és szünidei táborok közkedvelt helyszíne több mint 30 éve.

**1. kép
Kamaraerdei színházsátor**





A Kamaraerdei Ifjúsági Park önfenntartó közhasznú létesítmény, köztulajdon. Igénybe vehető egyénileg vagy csoportos kikapcsolódásra. Célja, hogy minél több embernek örömet szerezzen. Működésükhöz támogatásokat vesznek igénybe.

Főbb szolgáltatásai:

A Park adottságai páratlanul alkalmasak szinte minden típusú rendezvény megszervezésére:

- zártkörű céges rendezvények,
- koncertek,
- konferenciák,
- szünidei táborok,
- rekreációs hetek,
- kiemelt napok,
- bajnokságok, kupák,
- fesztiválok,
- sportversenyek.



**Tihanyi Judit, Majoros Gábor:
Petőfi Csarnok Szabadtéri Fedése
és Vetítő Vászna
Budapest, Magyarország 1986, 2007**

A Petőfi Csarnok épülete Budapest egyetlen ifjúsági szabadidő központja. A Városligetben található, röviden csak PeCsa néven emlegetett csarnok népszerű könnyűzenei koncert helyszín, évente több száz kulturális rendezvénynek és kiállításnak ad helyt, valamint számos közösségi klubot is működtet. A 930 m²-es belső nagytermen kívül egy 6000 fő befogadására alkalmas szabadtéri helyszínnel is rendelkezik.

A Petőfi Csarnok 1985 tavaszán nyílt meg. Azóta a főváros egyetlen ifjúsági szabadidő központja. A korabeli vi-

szonyokhoz képest korszerű hang- és fénytechnikával volt felszerelve, és hatalmas szivattyúk biztosították a nagyterem folyamatos levegőcseréjét. A belső dizájn azóta is igen sok vitát váltott ki, hiszen a szintiszta betonfallal, amin látszanak a zsáuzásra használt deszkák nyomai, szinte „feleseltek” a piros ajtók, amelyek mindegyike népművészeti ihletettségű madár-virág festéssel volt díszítve.

A szabadtéri színpad fedésének acélszerkezete és ponyvaborítása Majoros Gábor építész munkája. Ez annyira stabil építmény volt, hogy több mint húsz évig állt ellen az időjárás viszontagságainak. Különleges a lefedés építés technológiája: az alulról építkező váz magát emeli a pony-

1. kép
Petőfi Csarnok Szabadtéri Színpad



vával együtt. A Petőfi Csarnok ponyvája viharkárt szenvedett, a felújítás és ponyvacseré 2007-ben történt. Alapterülete 322 m².

A megnyitás óta eltelt időben a Petőfi Csarnok is fokozatosan korszerűtlenné vált. Teljes felújításáról, megszüntetéséről, elköltöztetéséről is esett már szó. Jövője kérdéses. Ennek ellenére a Petőfi Csarnok ma is Budapest kulturális életének egyik legfontosabb helyszíne.

Az elmúlt negyedszázad alatt közel 10 millió látogató járt a PeCsában megrendezett nagyjából 10 ezer rendezvényen, melyeken több, mint 2500 magyar és külföldi sztár lépett fel.

Magyarországi példák is mutatják tehát, hogy megfelelő üzemeltetéssel, karbantartással, a piaci helyzet és igények helyes felmérésével, olyan közösségi programok szervezésével, amely odavonzza az embereket az épülethez, a sátor-szerkezetekből is egy mindenki által kedvelt, időt és kort álló épületet hozhatunk létre.



**Richard Rogers: Millenium Dóm,
London, Anglia 1996-99**

A Millennium Dome olyan alkotás, amelyet létrehozói az ezredforduló rendkívüli, világraszóló látványosságának szántak. Akárcsak egy gigantikus 20. századi cirkusz, úgy magasodik a nemesen egyszerű megjelenésű óriássátor a Temze folyó mellett. A kupolát, amely teflonbevonatos üvegszálas anyagból készült, 12 árboc és az azokhoz csatlakozó bonyolult kötélszerkezet tartja kifeszítve. A ponyvaszerkezet kétrétegű, a belső feladata, hogy megakadályozza a páralecsapódást a belső felületen, emellett akusztikai szempontból is kedvező ez a megoldás. Míg a ponyván nappal beszűrődik a fény, éjszaka az egész létesítmény világít, akár egy hatalmas medúza.

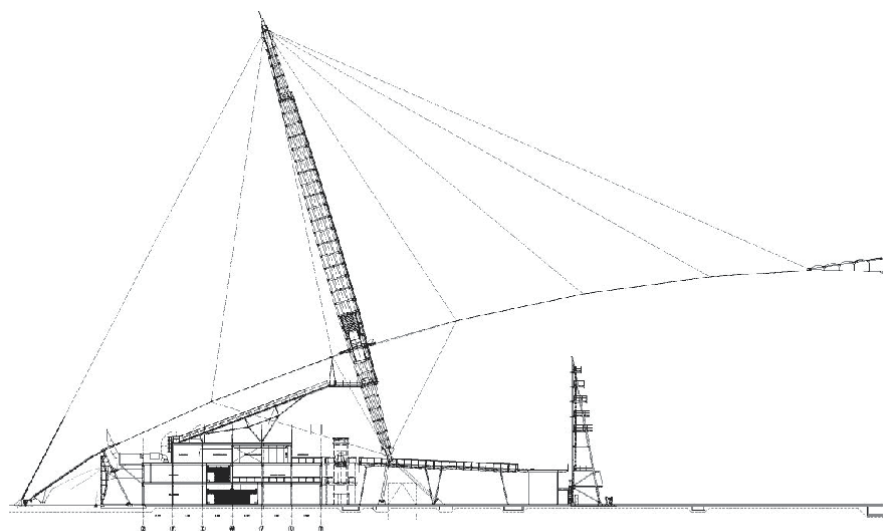


1. kép
Millenium Dóm

A területet 1996 februárjában választották ki 57 helyszín közül. Végül a Greenwich félsziget északi részén, a Temze déli partján található, több mint két évtizede elhagyatott negyedben épült fel, tehát szintén nagyon jó példája a leépült iparterület hasznosításának.

Zseniálisan megkonstruált teflonellipszise alatt egy hatalmas, állandó kiállítás mutatja be Nagy Britannia elmúlt évezredét. A futurisztikus építmény egyesíti az élményparkok, a vidámparkok, a szabadidőközpontok és a múzeumok tulajdonságait. Az épület izgalmas belső világával folyamatosan nyitva áll a látogatók előtt.

Maga a projekt és a kiállítás egy jelentős politikai vitát eredményezett, és végül nem volt annyi látogatója, mint amennyit a tervezők prognosztizáltak, ez finansziális problémákhoz vezetett. 2000 év végén bezárják, majd 2007-ben nyit meg újra O2 aréna néven, és innentől kezdve a mai napig nagyszabású koncerteknek ad helyet.





**Otto Frei, Günter Behnisch:
Müncheni Olimpia,
München 1969-72**

A Müncheni Olimpiai Stadiont az 1972-es nyári olimpiai játékokra építették, szintén egy újrahasznosított iprai területre egy szemétkerakó terület szomszédságába.

A müncheni stadion legjellegzetesebb vonása az érdekes tetőszerkezet, mely 71 760 négyzetméternyi akril üvegtáblából áll.

Áttetsző tetőszerkezete bár nem ponyvából készült, de szerkesztési elve rokon a feszített szerkezetekével. A sátryszerű szerkezetet hatalmas oszlopok és kábelek tartják. Első ránézésre olyan finomnak tűnik, mint egy pókháló; amely a legkisebb viharoknak sem tud ellenállni - de ez téves benyomás. A stadiont ma is használják, az olimpia óta több mint 3500 sport-, kulturális és üzleti rendezvénynek adott otthont, melyeken több mint 30 millió látogató vett részt.

A szerkezetet 58 oszlop tartja, melyeket acél feszítőkábelek rögzítenek a talajhoz. Az oszlopok a tető szélénél he-

lyezkednek el, hogy a stadion belsejében ne akadályozzák a szabad látóteret. Az oszlopokról kiinduló kábelek tartják magát a tetőt, mely a kábelek csatlakozási helyénél csúcsosan megemelkedik.

A tető 3 méter oldalhosszúságú, 0,4 mm vastagságú akril üveglapokból áll. Az üveg tisztítását a természetre bízzák, mivel igen nehéz feladat lenne a tetőre felmászni. Az eső, a hó és a fagy távolítja el a lerakódott port és piszkot.

Az üveglapok mindegyikét könnyű fémkeret veszi körül, melynek belsejében neoprén gumi fut, hogy a vízzel szem-



ben ellenállóvá tegye, valamint rugalmassá a kisebb mozgásokra, melyek a hőmérséklet ingadozása miatt vagy nagyobb viharok során előfordulhatnak. Valójában nem a könnyű fémkeret tartja a tető súlyát, hanem egy kábelhálózat, mely 75 centiméterenként végigfut a tetőben; a kábelek közvetlenül az üveglapokhoz kapcsolódnak, nem a fémkerethez.

A támasztó kábelhálózat és az üveg összekapcsolása 10 centiméteres acélcsavarokkal történt. A csatlakozásnál is neoprént alkalmaztak, hogy egyenlő legyen a teherelosztás, és felfogják az esetleges rázkódásokat. Összesen 137 000 ilyen csatlakozási pont van a tetőn. A tetőszerkezet tehát erős kábelhálózatból áll, ezt támasztják alá az oszlopok, melyek több ponton mintegy „lehorgonyozzák” a szerkezetet. Erre a hálóra erősítették az üveglapokat. A tetőt úgy tervezték, hogy az üvegfelületet mindenütt azonos terhelés érje, és a fémkeretekre ne nehezedjen nyomás. Ez megakadályozza, hogy egyik vagy másik keret deformálódjon, és az üveglap kiessen belőle. A tető

csak félig fedi be az olimpiai stadiont, a másik fele szabadon áll. Maga a stadion vasbetonból épült, legmagasabb pontján, a nyugati lelátón 33 méter a magassága.

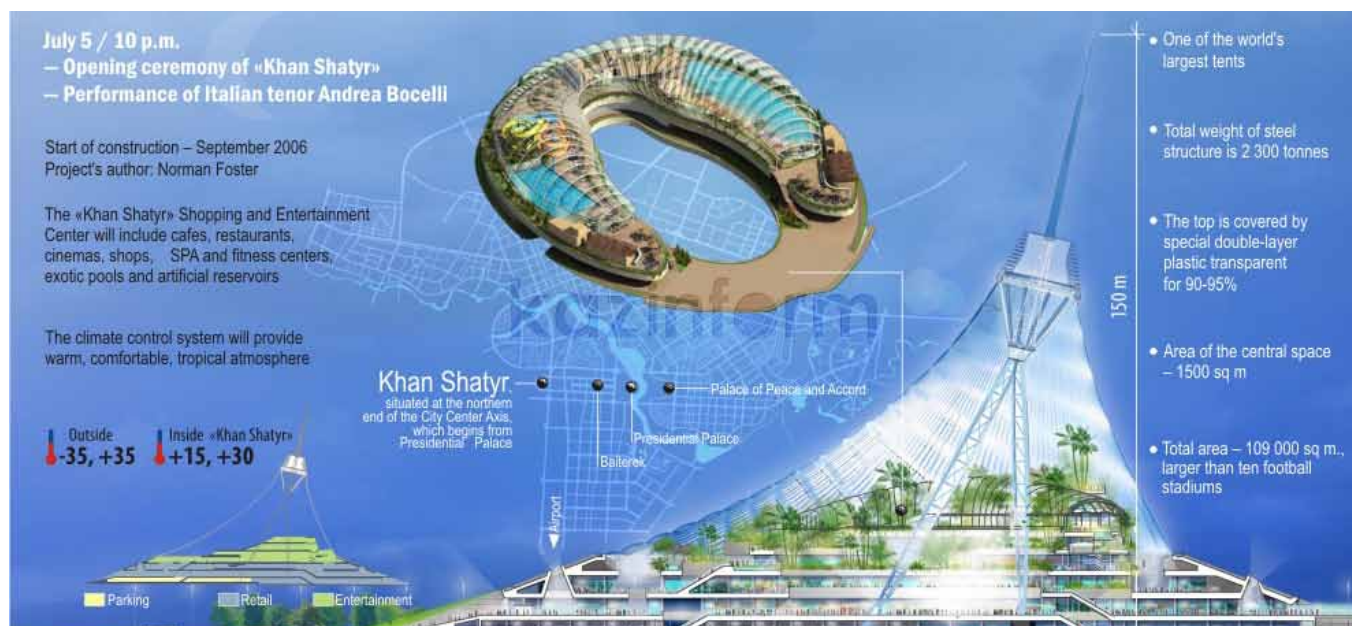


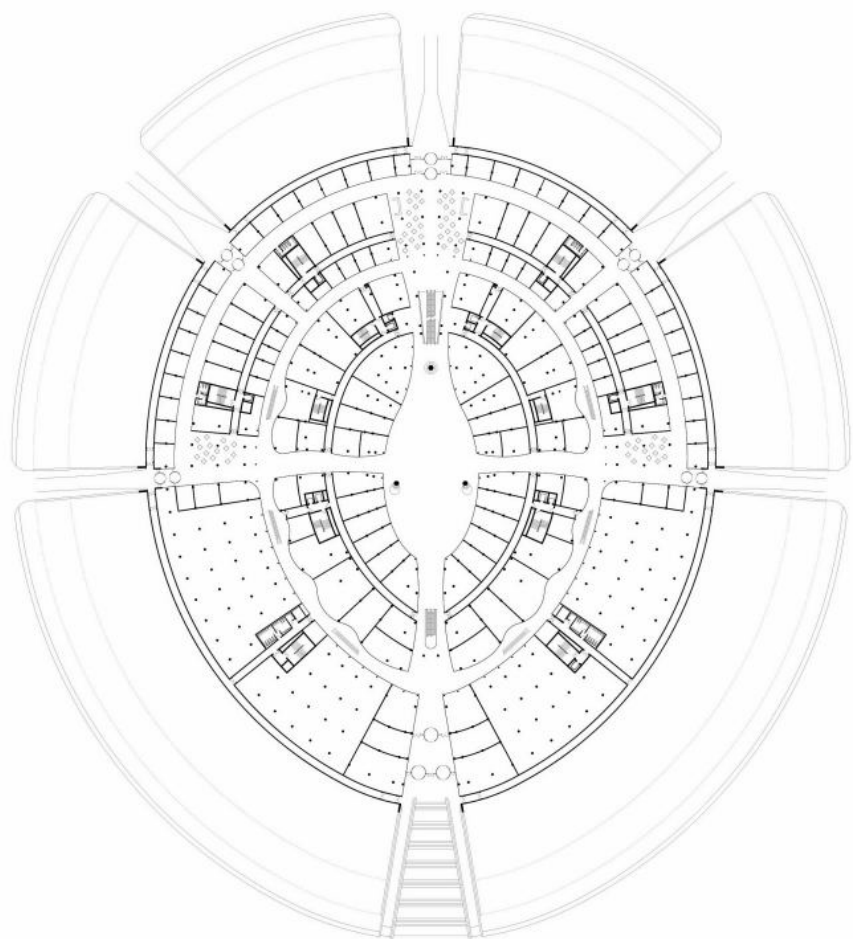
**Foster & Partners: Khan Shatyr
Szórakoztató Központ,
Astana, Kazahsztán 2010**

Az elmúlt év 2010 második felében nyílt meg a világ legnagyobb sátorépítménye a Khan Shatyr (a szó jelentése: Királyi sátor) névre keresztelt, 150 méter magas létesítmény. A kazah nemzeti identitástudatot kifejező „középületben” szórakoztató létesítmények, mozik, kereskedelmi egységek, éttermek kaptak helyet.

Az épület egy igen jól átgondolt, könnyű, feszített kábel-szerkezet. Fém tartóelemeit Törökországban gyártották, a kábelek Németországból érkeztek. Van egy bizonyos bekalukulált kilengése, erős szél vagy hóvihár esetére. Erre nagy szükség is van, hiszen Kazahsztán

éghajlata kontinentálisan szélsőséges - télen -35° fok, nyáron $+35^{\circ}$ fok van. Háromrétegű, úgynevezett ETFE (etilén-tetrafluor-etilén) műanyagborítása ütés-, szakadás- és vegyálló, azonkívül fényáteresztő is - átengedi az ultraibolya sugarakat, és napozni is lehet benne. Télen viszont egy hőkezelő rendszer figyeli a sátor belső falának hőmérsékletét, hogy megakadályozza a felületi jégképződést, és a szükséges mennyiségben meleg levegőt fúj a sátor feszített műanyag falának belsejére. Nyáron egy külső fóliaréteg árnyékolóként működik. A sátor tetje kinyitható, ekkor a felülről érkező légáramlatok is szellőztetik a belső teret. Időjárástól független hőszigetelt menedék, állandósult kaliforniai életérzéssel.



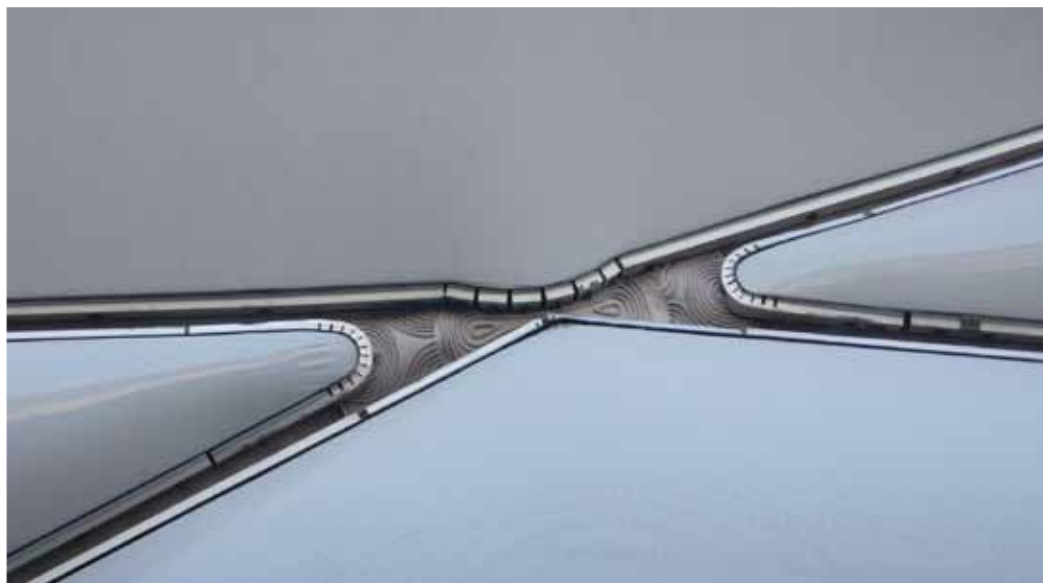


1. kép
Földszinti alaprajz



**Herzog & de Meuron: Allianz Aréna
München, Németország 2002**

Az Allianz Aréna, amely hivatalosan 2005. május 31-én nyitotta meg kapuit a nyilvánosság előtt, a két régóta működő müncheni futball klub - az FC Bayern München és a TSV 1860 München új hazai stadionja. Az Allianz Aréna design-ját, amely a jövő futballstadionjának in-



novatív értelmezése, svájci építésszek - Herzog és de Meuron - alakították ki. Attól függően, hogy melyik csapat játszik az egész stadion vagy kék vagy piros színben világít.

Az Aréna homlokzata a legkevésbé sem szokványos homlokzatburkolat, 2874 db ETFE (etilén-tetra-fluoro-etilén) fóliából készült felfújható elem alkotja, amelyek száraz levegővel töltött panelek, alakját a 0,038 hPA nyomáskülönbség adja. Az ETFE fólia elszakíthatatlan, szennytaszító, fényáteresztő, jó szigetelő és rendkívül hajlékony.

A panelek messziről fehérnek látszanak, de közelről megvizsgálva látható, hogy apró pontok alkotják. Távolról az emberi szem összemosza az apró pontokat és fehérnek tűnnek. Közelről nézve azonban át lehet látni a fólián. A fólia 0,2 mm vastag. Minden panel függetlenül világít fehér, piros, vagy kék fényvel. a cél az, hogy minden meccsnél a hazai csapat színeivel világítsák meg a paneleket, vagy fehérrel, ha a hazai csapat a német nemzeti focicsapat vagy ha egy semleges találkozóról van szó mint pl a 2012-es ufa döntő.



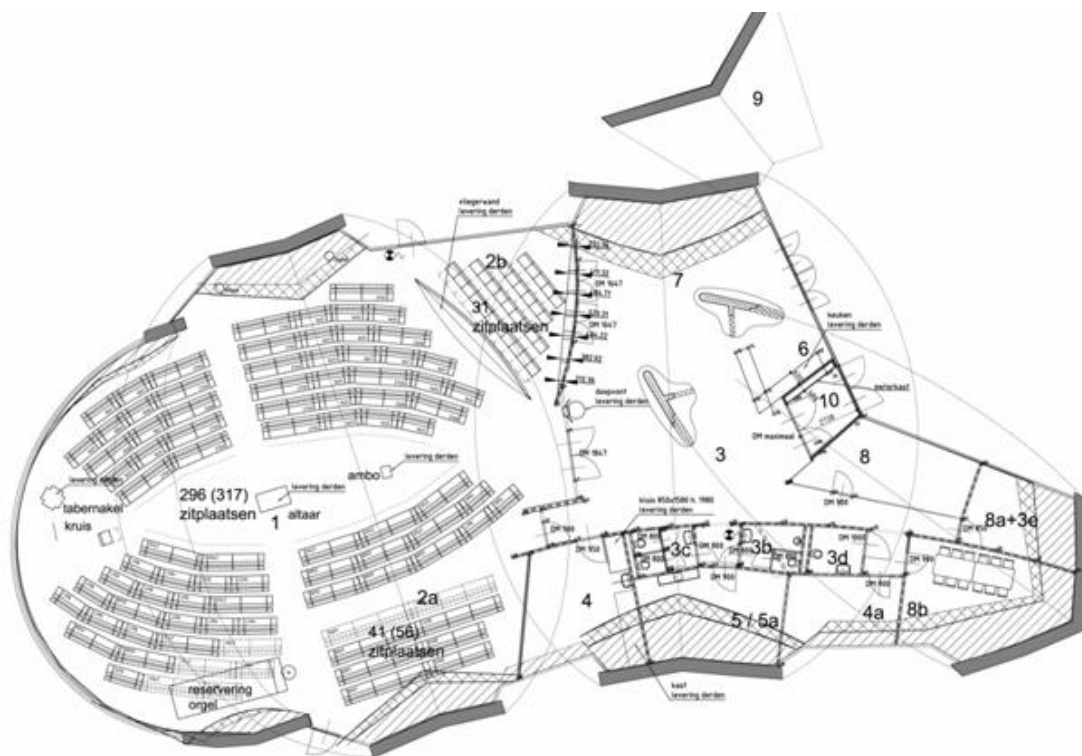
**Mari Baauw, René Olivier:
APPP Church
Maasluis, Hollandia**

Az Andreas Paulus Petrus Parish templom anyaga kétrétegű szigetelt membrán. Konceptiója a terek kapcsolatain alapul, amelyek szélességében, mélységében magasságában folyamatosan változik. Ezt a hatást az építészek legkönnyebben a ponyvaszerkezettel tudták elérni.

A templom szerkezeti koncepciója, öt, egymástól szerkezetiileg független kagylóból áll. Mindegyik héj három acélívből áll, amelyek rácsostartót alkotva gerendákkal kacso-

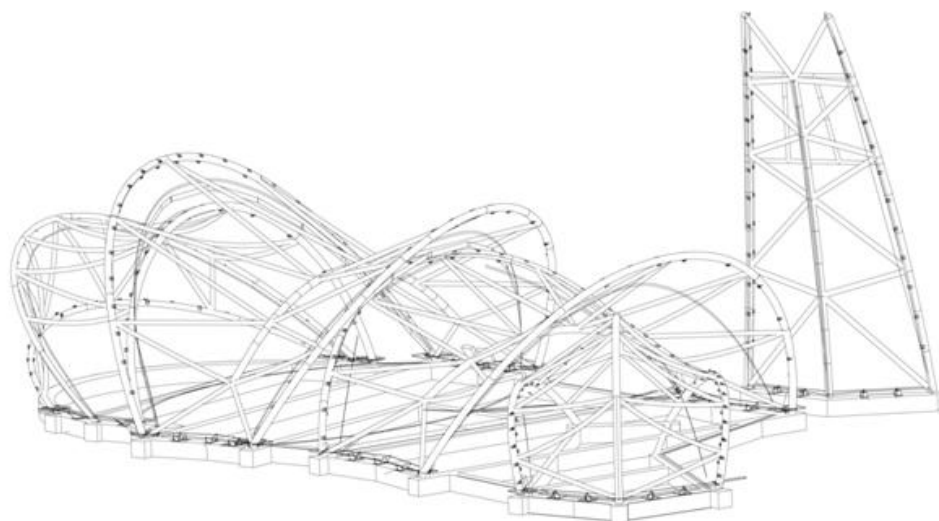
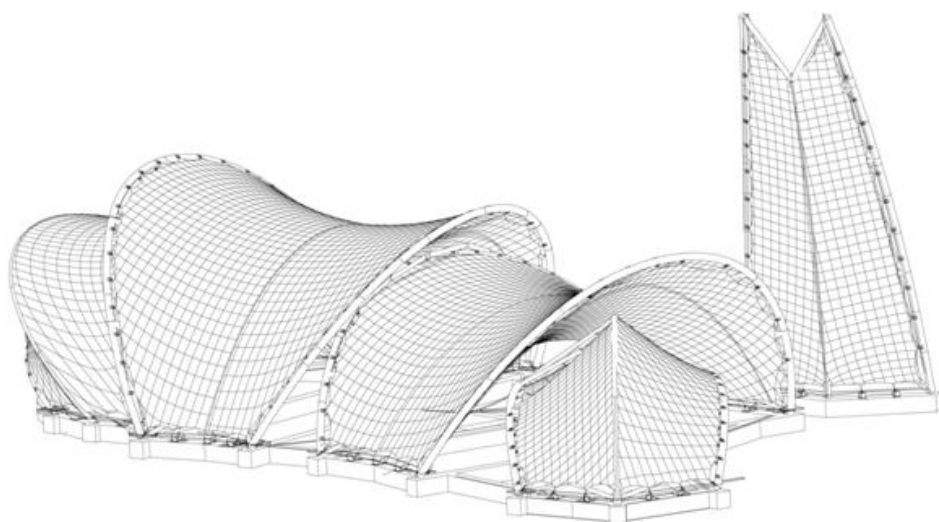
lódnak egymáshoz. Az így kapott szerkezetek felső és alsó oldalán ponyvával borítottak. Az alsó membránba pontszerű keresztirányú tartókat helyeztek el, amelyek 10 cm vastagságú hőszigetelő réteget tartanak. A templom belsejében ezek a rögzítések kivehetőek, amely sajátos megjelenést biztosít a ponyvának. A belső ponyva ezen felül egy párazáró réteggel van ellátva.

A három acél ív, amelyre a ponyvák feszítve vannak, egy nyereg alakú formát képez, ami által nagy távolság adódik a külső és a belső ponyva rétegei között, lehetővé téve ezáltal az összekötő gerendák kényelmes elhelyezését. Ezen felül néhol feszítő kábelekkel érik el a ponyva formájának végleges alakját, és erősítik annak állókonszisztenciáját.



A kagyló szerkezeteket összekapcsoló homlokzatot egy másodlagos acél szerkezet hordja. A homlokzati elemek nem érnek hozzá a ponyvához, hanem egy rés alakul ki közöttük. A kettő közötti kapcsolatot egy lebernyeg biztosítja, amely lehetővé teszi a szerkezet mozgását.





I. TÉZIS

A léggömbök klasszikus példái a légnyomásos sátor szerkezeteknek, amelyek a hideg és a meleg levegő fajsúlykülönbsége következtében működnek.

Dolgozatomban párhuzamot vontam a felfújtt sátor szerkezetek és a hőlégballonok között. A hagyományos ballonok formáját a szabásminta és a meleg levegő adja, a belső térben semmilyen merevítés nincsen csak úgy, mint a légnyomásos sátor szerkezetekben, ahol állandó befújtt, enyhe túlnyomással rendelkező levegő tartja magasban a ponyvát. Általában a befújtt levegőt fűtik, ezzel melegítik a belső teret. Mindkét szerkezetnél alkalmaznak egyfajta statikus vázat, amellyel a légsátrak esetében a szerkezet merevségét, a ballonok esetében pedig a biztonságot érik el. Az anyagukat szabás terv alapján szabják ki, és az így elkészült egyes elemeket varrás vagy hegesztés útján egymáshoz rögzítik. A hőlégballonok anyaga és konfekcionálása annyiban különbözik az épített ponyvaszerkezetektől, hogy a ballonoknál arra kell törekedni, hogy a szerkezet minél könnyebb legyen, és a levegőbe emelkedhessen.

A két struktúra összehasonlítása alapján első tézisem beigazolást nyert, miszerint a hőlégbal-

lonok szerkezete rokon szerkezet a légnyomásos, levegővel stabilizált szerkezetekkel.

II. TÉZIS

Egy ország, illetve egy korszak építészeti színvonalára rányomja bélyegét a kivitelezők hozzáállása, az, hogy éppen keresleti vagy kínálati piac uralkodik-e, illetve hogy a tervezési díj, a beruházásra szánt összeg mire ösztönöz, mire nyújt lehetőséget. Nálunk jelenleg nincsen mód arra, hogy az építész sok új elemet, tervezési szempontból munkaigényes megoldást válasszon. Ez más okokból, más gazdasági környezetben, de a világ nálunk fejlettebb országaira is jellemző. Ugyancsak problémát jelentenek az anyagbeszerzési nehézségek, a gyártási, illetve a kivitelezői készség biztosítása. Ezen körülmények hatása megmutatkozik a sátor szerkezetek tömegén, tájba illesztésén, továbbá részletképzésein is.

A gazdaságossági szempontok előtérbe kerültek a Pécsi Expo Center tervezésénél is. A beruházó tulajdonát képező, a volt szállítási vállalat telephelye optimális választásnak ígérkezett, hiszen jól megközelíthető, közművesített, jó kapcsolat alakítható ki a meglévő vásártérrel és a várossal, valamint a meglévő épületek felújítása, átalakítása

költségkímélést jelent a beruházó számára.

A helyszíni adottságokból, gondolkodok itt a rossz, gyenge minőségű és szilárdságú talajra, a pénzkímélés és a gyors építhetőség miatt a feszített sátorszerkezetet választottuk, amellyel teljesen új formavilágot, és az emberek számára észrevehető épületet hoztunk létre.

A feszített ponyvaszerkezetek előnyei:

- rövid gyártási és szerelési idő
- kimagasló ár/érték arány
- a konstrukció, gyártás és szerelés az elvárások szerint egy kézben tartható
- egyedi, karakterisztikus és hangsúlyos formák valósíthatóak meg

Ezek a szempontok voltak irányadóak a Pécsi Expo Center koncepciójának kitalálásakor is. Beruházói szempontból fontos szerepet töltött be az ár/érték arány és a gyors kivitelezhetőség. További megtakarítást jelentett, hogy az építkezésre kijelölt terület, egy olyan újrahasznosított ipari terület, amelyen a meglévő épületek megtartásával, megerősítésével, egy 10.000 m² összterületű multifunkcionális épület hozható létre.

Ezek a tények mind azt igazolják, hogy a beruházásra szánt összegnek igen nagy szerepe van

a tervezendő épület koncepciójának kialakításában, az építési terület kiválasztásában, a funkciók megtervezésében és legfőképpen az épület szerkezetének kiválasztásában is.

III. TÉZIS

A textil héjszerkezetek modern kompozíciók, amelyek anyaga különleges ponyvák: ez lehet például teflon-, PVC-, vagy PTFE-bevonatos üvegszálasponyva, ETFE-fólia, napjainkban pedig ígéretesnek tűnnek a fotovoltaiikus vagy a LED-del kiegészített különleges megoldásokkal (ún. fotonikus, világító textilekkel) kapcsolatos kutatások, amelyek tovább tágítják a ponyvaszerkezetek alkalmazásának lehetőségeit. A ponyvaanyagokkal való kísérletezés, fejlesztés, új ponyvaanyagok létrehozása is arra utal, hogy a mai kor építészei számolnak az efféle szerkezetekkel.

Az, hogy egy ponyvaszerkezetű épület megvalósításához milyen minőségű és műszaki tulajdonságokkal rendelkező ponyvát választanak, talán az egyik legfontosabb feladat. A Pécsi Expo Center esetében alkalmazott ponyvaanyag poliészter szövet PVC bevonattal, amelynek előnyei az alábbiak:

- Költségkímélő anyag, amely állandó és időszakos konstrukciók

számára is ideális.

- A speciális külső lakkozás által ez a héjszerkezet időjárás és UV-sugárzás álló, és jól idomul a helyszín és a használat adottságaihoz.
- A sima felület jól tisztítható.
- A PVC héjszerkezetek nehezen éghető, nem égve csepegő tulajdonságúak és az átlagos várható élettartamuk 15-20 év.
- A PVC újr felhasználásának módszerét szabadalmaztatták és jelenleg iparosítják.
- A felvitt réteg különböző pigmentjei által számtalan színben gyártható.

A Ponyvaszerkezetek tervezése komoly mérnöki feladat, amelynek tervezésekor és gyártásakor szoros együttműködésnek kell lennie a tervező csapat, a ponyvaggyártó cég és a kivitelező csapat között. Azonban beruházó által először megbízott cég által gyártott ponyva, és a cég által javasolt csomóponti megoldások nem bizonyultak megfelelőnek. A szakszerűtlen gyártás és kivitelezés miatt, az építkezés folyamán több komplikáció is felmerült. Ennek következményeképp, valamint a beruházó időközben megváltozott igényei miatt koordinálásunk alatt új szakcégek lettek megpályáztatva a ponyva újratervezésére, legyártására, és kivitelezésére. A megbízást a Graboplan Kft. kapta meg. A cég a meglévő szerkezeteket kihasználva,

és átalakítva, a ponyva alakját megtartva új szabásterveket készített és új csomópontokat tervezett a ponyva megfeszítésére.

Tézisem azon részét, hogy a ponyvaanyagok fejlődése és fejlesztése a mai napig tart, V. Tézisem igazolásánál felsorolt külföldi példák is alátámasztják. A folyamatos fejlesztések eredményeképp a modern ponyvaanyagoknak mint például az ETFE fólia, egyre hosszabb az élettartamuk, és izgalmas megjelenést biztosítanak az épületnek. Elismeret építészek megvalósult tervei bizonyítják, hogy jelenleg is, és a jövőben is épülni fognak ponyvaszerkezetes épületek.

IV. TÉZIS

A multifunkcionális épületek fenntartása az átadás után az üzemeltető és a városvezetés feladata. Az üzemeltetőn múlik, hogy ki tudja e használni az épület adta lehetőségeket, fel tudja e mérni az adott piaci követelményeket. Olyan piacképes árat tud e meghatározni, amely eladhatóvá teszi az épületet, és ez által hosszú távon üzemeltetni, „életben” tudja tartani az épületet.

Talán a legtöbbet vitatott kérdés az Expo Centerrel kapcsolatban az épület használhatósága, és üzemeltetési kérdései. Talán az egyik legnagyobb hiba, hogy

félreértelmezik az expo használatát, úgy tartják, hogy elsődleges célja színházi rendezvények, koncertek megrendezése, holott a nevében is benne van, hogy az expo elsődleges funkciója vásárok, találkozók, fesztiválok és konferenciák megrendezése, amelyre Pécsen ehhez hasonló nagyságú alapterületen eddig nem volt lehetőség Pécsen.

„közkinccsé kell tenni az egyetemisták mandulavirágos ünnepeit, a nyugdíjasok kutyasétáltató nyugalmát, a pécsi pincék, szőlők romantikus kopácsolását, a sör aranyló sátras, társas életét, a pécsi könyv, film, színház, zene fesztiváljait, a fergeteges kólókat, az utcai menettáncokat, az utcabálokat, a papírszalvetta börzét, a kukoricás repedt hangját, a zónakocsonyát kisfröccsel, a virágpiacot, az igazi kuplerájokat, a kocsmákat bádogpulttal, földpadlóval, amit vízzel kell locsolni...közakarat lehet a pécsi Expo sikerének titka.”

-idézet az expo műszaki leírásából

Az üzemeltetésre, középületről lévén szó, természetesen kihatással van az éppen aktuális városvezetés, a beruházás megvalósítására felvett hitel törlesztése, valamint a konkurencia is, amely tényezők nem könnyítik meg az üzemeltetés feladatát.

Ennek ellenére számos nagysza-

bású, és nagy tömegeket vonzó rendezvény került már megrendezésre az Expo területén. Olyan világhírű előadókkal találkozhattunk, mint Plácido Domingo, Seal, Dj Tiesto. Olyan nagyszabású színi előadások zárultak nagy sikerrel, mint a Rómeó és Júlia és az Operaház fantomja. Több visszatérő rendezvénynek ad helyet, mint például a nemzetközi dj fesztivál vagy az Allianz Rally. Ezek a rendezvények is mind azt igazolják, hogy a Pécsi Expo Center éléről egy olyan politikától független, fiatal és lendületes csapat hiányzik, akik ötleteikkel, rendezvényeikkel közelebb hozzák az épületet a pécsi lakosokhoz. A sikeresen megrendezett, nagy tömegeket vonzó rendezvények pedig igazolják az épület használhatóságát és létjogosultságát.

V. TÉZIS

Manapság a korszerű technológia vívmányainak és az egyre nagyobb alapterületű épületek iránti igényeknek köszönhetően reneszánszukat élik a ponyvaszerkezetek. Egyre tartósabb, szebb, teherbíróbb létesítmények épülnek az ősi és a high-tech ötvöztetésével, amelyek kihasználják a sátrak olyan előnyeit, mint a flexibilitás, könnyű és szellős szerkezet és a térszervezés szabadsága. Ráadásul íves vonalaik, szoborszerű formáik különleges szép építészeti alkotásokká teszik a ponyvaszerkezeteket.

Általában ponyvaszerkezeteknek nevezzük azokat a szerkezeteket, amelyek anyaga természetes vagy mesterséges szálakból szövésével vagy a szövést helyettesítő egyéb technológiával készített textília. A ponyvák legjellemzőbb tulajdonsága a felület elhanyagolható nagyságú hajlítási merevsége.

A komputertechnológia fejlődése és az egyre korszerűbb membránok kifejlesztése tette lehetővé, hogy egyre bonyolultabb és egyre nagyobb méretű, gigantikus „szupersátrak” épülhetnek, amelyek remekül kielégítik az olyan speciális igényeket, mint amilyeneket a kiállítási épületek, a több tízezer főt befogadó sportlétesítmények vagy éppen a megaméretű repülőtéri csar-

nokok támasztanak. Disszertációmban bemutatott magyar példák a Kamaraerdei Ifjúsági Park színpadfedése és a Petőfi Csarnok szabadtéri színpadának fedése igazolja, hogy a magyarországi éghajlati viszonyokra is tervezhető és alkalmazható az e fajta szerkezet.

A Pécsi Expo Center tervezésekor, mivel Magyarországon eddig még nem készült ehhez hasonló volumenű szerkezet, a tervezés előtt több külföldi példát is megvizsgáltunk, amelyek szerkezetükben hasonlóak az expo szerkezetéhez. Ilyen például a Richard Rogers által tervezett londoni Millenium Dóm épülete, amely csak úgy mint a Pécsi Expo egy újrahasznosított ipari területre épített üvegszálaspontyvaanyagból készült dupla rétegű óriássátor, vagy a hasonló szerkezeti felépítésű Müncheni Olimpia fedése, amely ugyan nem pontyvából hanem akril üvegtáblákból készült, de szerkesztési elve rokon a feszített szerkezetekével. A müncheni Allianz Aréna, A maasluisi APPP templom és az astanai Khan Shatyr szórakoztató központ, amely a világ legnagyobb sátorépítménye igazolja tézisemet, hogy az építészek kihasználják a pontyvaszerkezetek adta lehetőséget és hatalmas alapterületű, izgalmas formavilágú épületeket hoznak létre, amelyek világszínvonalon is jelentősnek számítanak.

Mindenkiben felmerült már az a kérdés, hogy megállják e helyüket az ilyen típusú épületek a mai világban, szükség van e sátorszerkezetekből épült épületekre, és úgy érzem, bátran kijelenthetjük, hogy igen.

Ezt igazolják az ez irányban történő fejlesztések. Az évek során újabb és újabb anyagokat fejlesztettek, hogy a sátorszerkezeteket időtállóbbá és attraktívabbá tegyék. Az új anyagoknak köszönhetően a ponyva élettartama 10-15 évről az évek folyamán 40-50 évre nőtt. Cseréjük pedig könnyen és gyorsan elvégezhető.

A mai gazdasági helyzetben a legnagyobb előnye az ilyen szerkezeteknek az, hogy viszonylag rövid idő alatt kivitelezhetőek, és a hagyományos építőanyag árának töredékébe kerül ezen anyagoknak a bekerülési költsége, tükrözve ezzel a mai fogyasztói társadalom „throw away”, azaz „használd, majd dobd el” jelszavát, hiszen olcsók, egyszerűen megsemmisíthetőek, így az erkölcsi elavulás veszélyével sem kell számolni. Azonban nem mond ellenet a mai ökológikus építészetnek sem, hiszen anyaguk újrahasznosítható.

Számos példa mutatja a világban, hogy igenis életképesek ezek a fajta épületek, csak úgy, mint a hagyományos építőanyagból épült épületek. Előnyére szolgál, hogy kivitelezésének egyediségéből a laikusok számára figyelemfelkeltő, és megfelelő üzemeltetés mellett hosszú életű épület hozható létre.

Világ szinten is nagy szenzációt jelent, ha egy új az eddigieket felülmúló ponyvaszerkezetes épület épül. Elég, ha csak a tavalyi év második felében átadott Khan Shatyr Szórakoztató Központot megemlíthetjük. Ez is bizonyítja, hogy a mai neves építésszek is számolnak ezzel a fajta épülettípusokkal, és kihasználják a benne rejlő esztétikai, és funkcionális lehetőségeket.

Összegezve megállapítható, hogy a Pécsi Expo Center megállja a helyét a világban, és, hogy egy katonás fegyelmű, racionális, a karcos ipari miliőt nem tagadó, sőt azt felhasználó építészeti koncepció született, amit a sátorszerkezet lendületessé, látványossá tesz.

**Grábics Henrik - Majoros Gábor - Dr.
Kollár Lajos - Óvári Tibor - Wappel
Kálmán:**

Ponyvaszerkezetek
Budapest, 1987 Műszaki Könyvkiadó

Dr. Kollár Lajos

Ponyvaszerkezetek
Budapest, 1988

Dr. Galaskó Gyula:

Séta egy sátor körül
Budapest, 2000 Akadémiai Kiadó

Hegyi Dezső:

Ponyvaszerkezetek és ponyvaanyag
nemlineáris vizsgálata
numerikus és kísérleti módszerekkel
PHD értekezés
Budapest, 2006

Hincz Krisztián – Dr. Galaskó Gyula

Feszített ponyvaszerkezetek szabás-
mintáinak összehasonlító elemzése.
Budapest, 2002 Akadémiai Kiadó

Hegyi Dezső:

Ponyvaszerkezetek
alakmeghatározási módszerei
Budapest, 2003 Akadémiai Kiadó

epiteszforum.hu

építészeti fórum

www.politent.eu

Politent Kft. weboldala

